

# Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale

## Porti di Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli

### Ufficio di Brindisi



**COMPLETAMENTO DELLA INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE  
MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE  
COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST**

## PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. F. DI LEVERANO

Progettisti incaricati:

**ACQUA  
TECNO**

Dot. Ing. RENATO DEL PRETE  
ACQUATECNO S.r.l.  
Via Ajaccio, 14 - ROMA  
(Ing. Renato Del Prete)

**MODIMAR**

MODIMAR S.r.l.  
Via Monte Zebio, 40 - ROMA  
(Ing. Marco Tartaglino)



TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO  
E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI**

ELABORATO N° :

**B.09 10**

CODICE ELABORATO:

09-017-DR-010-1-VAR

		ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO		
SIGLA						
REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.
	1	Luglio 2017	NOTA CONSIGLIO SUPERIORE LL.PP.			
	2					

DATA:

Luglio 2017

**Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale**

*Porti di Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli*

Ufficio di Brindisi

**LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURA  
PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA  
RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E  
COSTA MORENA EST**

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E  
SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI**

---

PROGETTAZIONE:



**MODIMAR S.r.l.**

VIA MONTE ZEBIO, 40 ROMA



**ACQUA TECNO S.r.l.**

VIA AJACCIO, 14 ROMA

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

## Indice

<b>Capitolo 1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>Capitolo 2</b>	<b>AREE DI INTERVENTO</b> .....	<b>4</b>
1	Area di S. Apollinare .....	5
2	Canale di accesso al Porto Interno.....	7
3	Area di Costa Morena .....	9
4	Cassa di colmata.....	12
<b>Capitolo 3</b>	<b>DRAGAGGIO DEI SEDIMENTI</b> .....	<b>18</b>
1	Dragaggio idraulico ambientale con draga tipo TSHD .....	20
2	Dragaggio meccanico ambientale con motonave semovente.....	23
3	Misure di mitigazione .....	26
<b>Capitolo 4</b>	<b>PIANO DI GESTIONE DEI SEDIMENTI</b> .....	<b>27</b>
<b>Capitolo 5</b>	<b>DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO</b> .....	<b>30</b>
1	Ciclo produttivo .....	30

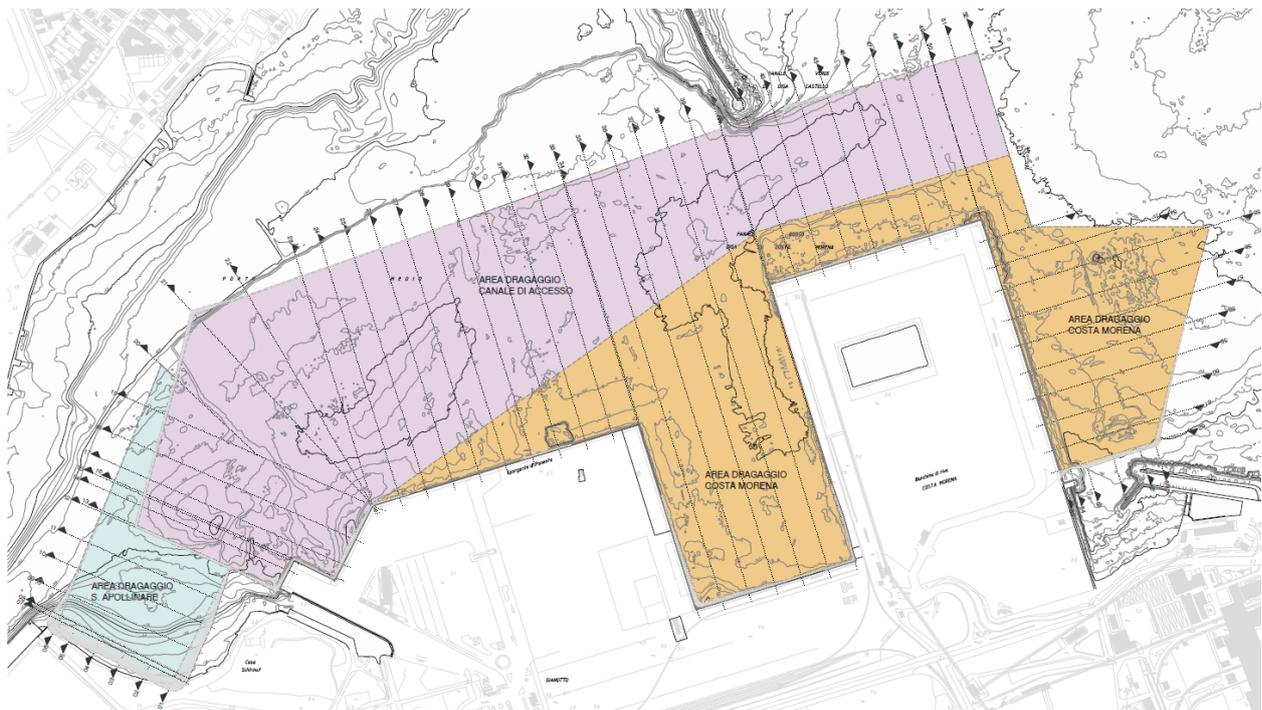
Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

## Capitolo 1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la relazione specialistica sul dragaggio e sulla gestione dei sedimenti del progetto definitivo relativo all'intervento dal titolo "Lavori per il completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est".

Il progetto prevede di adeguare una parte dei fondali ricadenti all'interno del Porto di Brindisi alle profondità previste dal vigente Piano Regolatore Portuale mediante approfondimento alla quota di:

- 1) -12m dal l.m.m dell'area di S. Apollinare (cfr. Figura 1-1 area celeste), per la realizzazione del nuovo terminal Ro-Ro;
- 2) -14m dal l.m.m (cfr. Figura 1-1 area lilla) lungo il canale di accesso al porto interno;
- 3) -14m dal l.m.m (cfr. Figura 1-1 area arancione) nell'area di contorno alle calate di Costa Morena, con i suoi terminali container e rinfuse.



**Figura 1-1 Stralcio della planimetria generale di dragaggio (Cfr. 09-017-DT-202-1-PLA)**

Il progetto di dragaggio è stato redatto sulla base delle caratterizzazioni ambientali eseguite dall'Autorità Portuale di Brindisi per le aree di S. Apollinare, Costa Morena Est, Capo Bianco, Area Portuale e Area Costiera. I dati analitici di queste caratterizzazioni sono stati già oggetto di pregresse attività di valutazione da parte di ICRAM e ISPRA, nell'ambito di accordi di programma definiti tra detti Enti e l'Autorità Portuale di Brindisi.

Le evoluzioni normative intervenute negli ultimi anni, in materia di gestione dei sedimenti marini ricadenti nei siti di interesse nazionale, hanno richiesto di eseguire una nuova e complessiva valutazione dei dati analitici disponibili per le diverse caratterizzazioni ambientali

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

e eseguite dall'Autorità Portuale di Brindisi. Tale valutazione, svolta dai progettisti con la consulenza specialistica di Evagrini s.n.c., ha consentito inoltre di valutare la qualità ambientale dei sedimenti ricadenti in spessori privi di dati analitici sulla base della qualità ambientale dei sedimenti compresi negli strati immediatamente precedenti e successivi agli stessi. Le risultanze di tale studio, a cui si rinvia per maggiori dettagli (Cfr. 09-017-DR-009-1-VAR "Valutazione dello stato di qualità dei sedimenti ricadenti nell'area di intervento"), indicano che tutti i sedimenti da dragare "(...)potranno essere destinati a refluitamento in casse di colmata, vasche di raccolta o comunque in strutture di contenimento (...)", in quanto **non pericolosi all'origine** (art. 5-bis, comma 2, lettera c della legge 28 gennaio 1994 n. 84 e ss.mm.ii.).

Il presente progetto di dragaggio prevede quindi di realizzare una cassa di colmata ambientale tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est e di refluire nella stessa tutti i sedimenti marini generati dall'approfondimento dei fondali di S. Apollinare, di Costa Morena Est e del canale di accesso al Porto Interno.

Nel proseguo del presente documento saranno approfonditi gli aspetti relativi alle tecniche per la rimozione ed il trasporto del materiale e le modalità per il conferimento presso strutture di contenimento.

Il presente documento, revisionato alla luce delle indicazioni ricevute dal C.S.LL.PP., ottimizza l'intervento di dragaggio in relazione agli aspetti tecnici ed economici nel rispetto del D.M.172/2016 - "Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei siti di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 5-bis, comma 6, della legge 28 gennaio 1994, n. 84."

## Capitolo 2 AREE DI INTERVENTO

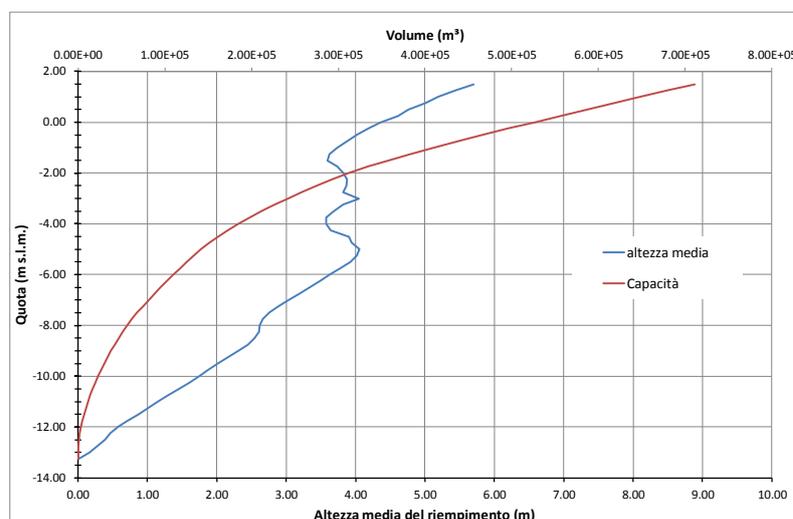
Al fine di eseguire una corretta gestione dei sedimenti di dragaggio, il presente paragrafo analizza e descrive gli aspetti geometrici delle aree di intervento, ovvero delle aree interessate dall'approfondimento dei fondali e delle aree di colmata per il refluento degli stessi.

Si precisa inoltre che i volumi di dragaggio, determinati a partire dalle sezioni di computo e pari a circa 558'867 m<sup>3</sup>, in fase di gestione in cassa di colmata terranno conto delle possibili variazioni dovute ai fattori di "resa" denominati "over-dredging" e "over-bulking". Il primo è legato alla tolleranza delle operazioni di scavo, che qui si assume compreso tra +20 e + 30 cm; il secondo è legato alla naturale tendenza di rigonfiamento dei materiali sciolti nell'atto di essere rimaneggiati, assunto pari al 10% sulla base di esperienze maturate in condizioni analoghe. Sulla base di tali considerazioni, i volumi da gestire in cassa di colmata, in assenza di compattazione, che pure avviene durante le operazioni di refluento in considerazione della natura sabbiosa dei sedimenti di dragaggio, varierebbero tra 712'355 m<sup>3</sup> e 761'155 m<sup>3</sup>.

Le risultanze delle analisi granulometriche condotte nel corso delle diverse campagne di caratterizzazione ambientale mostrano che i sedimenti ricadenti nelle aree di intervento sono costituiti prevalentemente da sabbie fini limose. Attraverso l'applicazione di un modello agli elementi finiti (FEM) è stato possibile determinare l'evoluzione dei cedimenti attesi in relazione al progressivo riempimento della vasca di colmata. I risultati di tali elaborazioni evidenziano che la contrazione volumetrica ( $\Delta V$ ) attesa dei sedimenti è pari mediamente a circa il 18% di cui il 90% avviene entro la fine delle attività di conferimento del materiale dragato (circa 90 gg), e che pertanto gli effettivi volumi da gestire in cassa di colmata varierebbero tra:

- 596'953 m<sup>3</sup> e 637'847 m<sup>3</sup> al termine delle attività di refluento;
- 584'131 m<sup>3</sup> e 624'147 m<sup>3</sup> a completamento della contrazione volumetrica di circa il 18%.

Come si rileva dalla Figura 2-1, la cassa di colmata, depurata della parte afferente alla sedimentazione delle acque di dragaggio, alla quota di + 1 m s.l.m. riesce a contenere circa 648'605 m<sup>3</sup>, volume sufficiente ad accogliere i materiali provenienti dal dragaggio.



**Figura 2-1 Andamento della capacità della vasca in funzione della quota raggiunta dai sedimenti**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

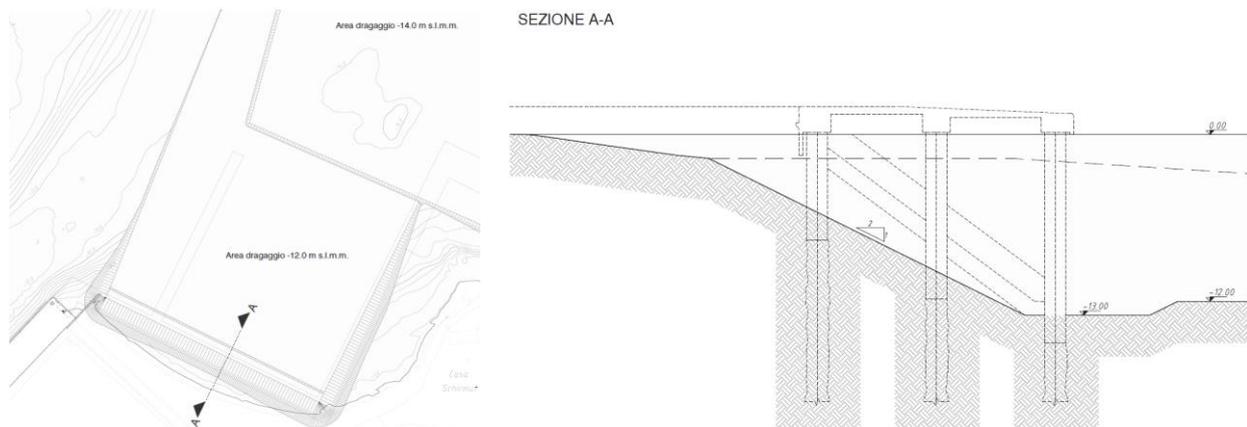
## 1 Area di S. Apollinare

Il dragaggio corrispondente all'area di S. Apollinare interessa uno specchio liquido di estensione superficiale pari a circa 79'000 m<sup>2</sup>, con un perimetro di circa 1'530 m.

Il Piano Regolatore Portuale prevede di raggiungere per i fondali ricadenti nell'area di S. Apollinare la profondità di -12 m. s.l.m..

L'Autorità Portuale di Brindisi, nell'ambito della propria attività programmatica, ha previsto di eseguire preliminarmente ai "lavori per il completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est" le "Opere di completamento accosti portuali per navi traghetto e Ro-Ro di S. Apollinare". Nella definizione del Progetto Esecutivo per i nuovi accosti Ro-Ro, l'intervento di approfondimento dei fondali prevede di raggiungere ovunque la quota di -10 m s.l.m. fatta eccezione che per i fondali ubicati a tergo delle banchine di riva, per i quali il progetto prevede di raggiungere profondità superiori tali da consentire la realizzazione delle opere di fondazione secondo le profondità previste dal vigente PRP (-12 m s.l.m.). Nell'ambito di quest'ultimo intervento sarà eseguita la rimozione di circa 225'778 m<sup>3</sup> di sedimenti in banco (Cfr. Figura 2.1-1).

Il presente progetto prevede quindi di eseguire l'approfondimento delle aree di S. Apollinare portando ovunque la profondità del fondale dalla quota -10 m s.l.m. alla quota di -12 m s.l.m., per complessivi 89'514,05 m<sup>3</sup> di sedimenti a prevalente frazione sabbiosa.



**Figura 2.1-1 Predisposizione profilo di escavo per accosti S. Apollinare**

Tenendo conto che la superficie di dragaggio a -12 m s.l.m. presenta una estensione di 65'232 m<sup>2</sup>, il volume dei sedimenti da movimentare in cassa di colmata, determinato sulla base dei parametri di over-dredging e di over-bulking assunti in sede di progettazione, variano tra 112'816,50 m<sup>3</sup> e 119'992,02 m<sup>3</sup>.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

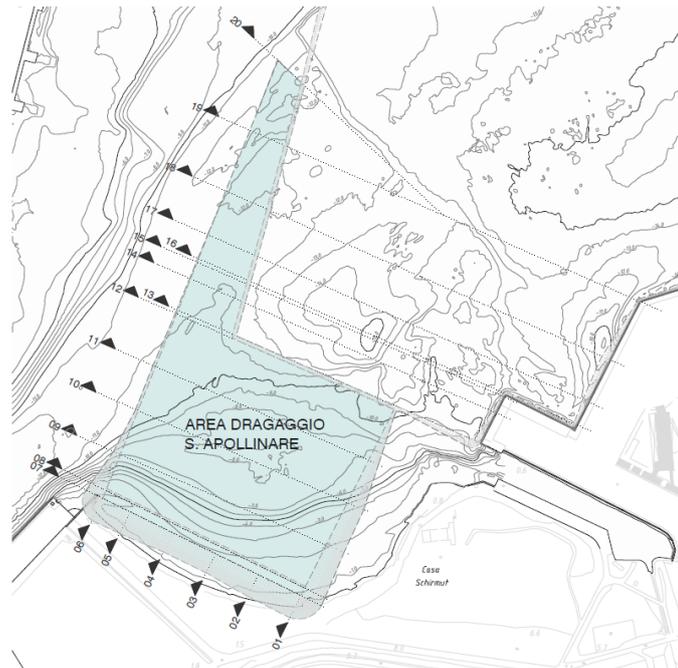


Figura 2.1-2 Stralcio della planimetria generale di dragaggio (Cfr. 09-017-DT-202-0-PLA)

AREA DI S. APOLLINARE Dragaggio da -10 m s.l.m. a -12 m s.l.m.						
Descrizione	par.ug.	lungh. [m]	largh.	H/peso [m <sup>2</sup> ]	TOT. [m <sup>3</sup> ]	
Tra la sez. 8 e la sez. 9		46,47	357,85		16'629,41	
Tra la sez. 9 e la sez. 10		50,00	466,11		23'305,50	
Tra la sez. 10 e la sez. 11		50,00	462,33		23'116,50	
Tra la sez. 11 e la sez. 12		60,10	399,76		20'419,58	
Tra la sez. 12 e la sez. 13		4,10	145,31		595,77	
Tra la sez. 13 e la sez. 14		35,80	62,79		2'247,88	
Tra la sez. 14 e la sez. 15		18,88	46,67		881,13	
Tra la sez. 15 e la sez. 16		4,00	39,34		157,36	
Tra la sez. 16 e la sez. 17		27,12	31,17		845,33	
Tra la sez. 17 e la sez. 18		50,00	13,68		684,00	
Tra la sez. 18 e la sez. 19		69,14	3,87		267,57	
Tra la sez. 19 e la sez. 20		66,67	5,46		364,02	
<b>Totale volume sedimenti marini in banco [m<sup>3</sup>]</b>					<b>89'514,05</b>	

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

## 2 Canale di accesso al Porto Interno

Lungo il canale di accesso al Porto Interno il vigente P.R.P. prevede che i fondali devono presentare una profondità minima di -14 m s.l.m.. Tale area, soggetta a traffico turistico e commerciale, presenta un perimetro di circa 4'000 m e si sviluppa su una superficie di estensione approssimativamente pari a 510'000 m<sup>2</sup>.

Per rispondere alle previsioni di piano, il presente progetto prevede di rimuovere 222'194,57 m<sup>3</sup> di sedimenti in banco.

Tenendo conto che la superficie di dragaggio a -14 m s.l.m. presenta una estensione di 186'870 m<sup>2</sup>, il volume dei sedimenti da movimentare in cassa di colmata, determinato sulla base dei parametri di over-dredging e di over-bulking assunti in sede di progettazione, risulta compreso tra circa 285'525,47 m<sup>3</sup> e 306'081,19 m<sup>3</sup>.

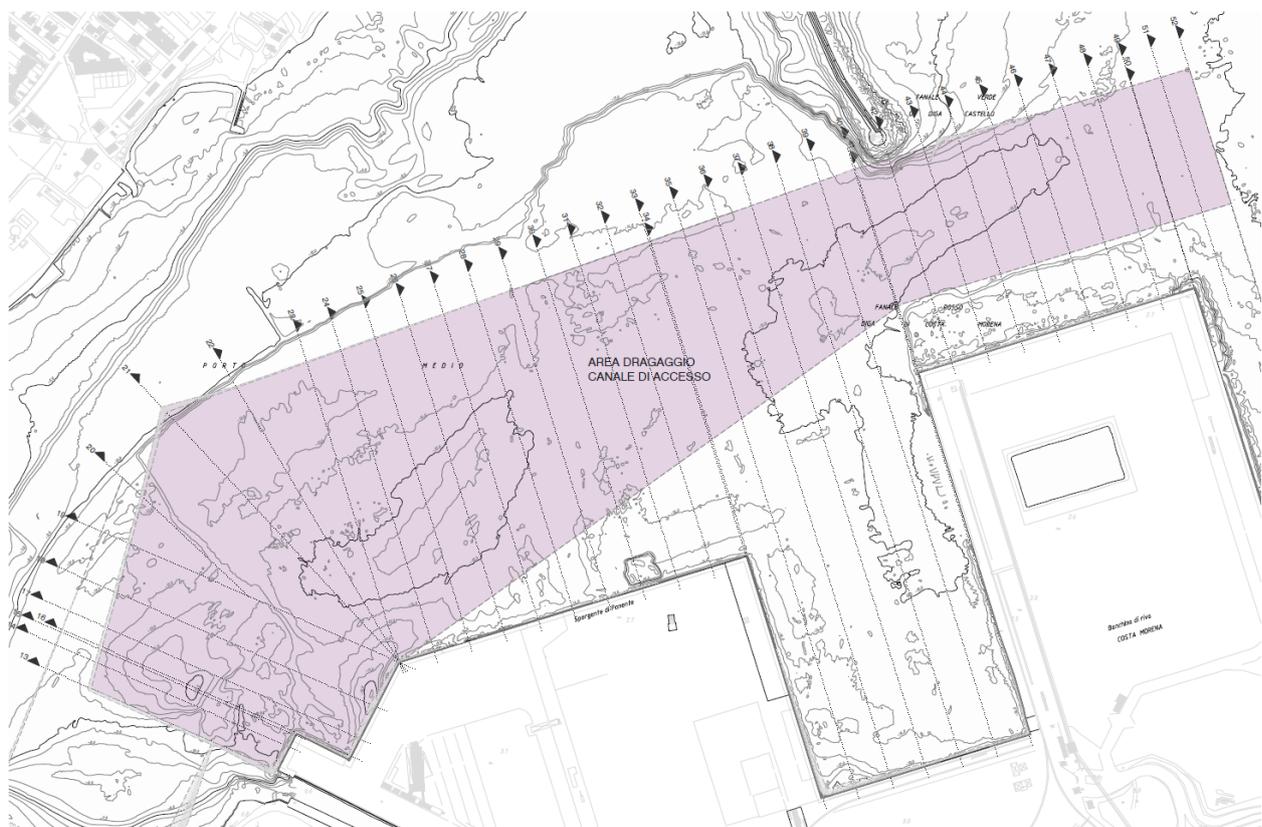


Figura 2.2-1 Stralcio della planimetria generale di dragaggio (Cfr. 09-017-DT-202-1-PLA)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

CANALE DI ACCESSO AL PORTO INTERNO Dragaggio a - 14 m s.l.m.					
Descriz	par.ug.	lungh. [m]	largh.	H/peso [m <sup>2</sup> ]	TOT. [m <sup>3</sup> ]
Tra la sez. 12 e la sez. 13		4,10	475,24		1'948,48
Tra la sez. 13 e la sez. 14		35,80	722,65		25'870,87
Tra la sez. 14 e la sez. 15		18,88	485,08		9'158,31
Tra la sez. 15 e la sez. 16		4,00	487,11		1'948,44
Tra la sez. 16 e la sez. 17		27,12	525,78		14'259,15
Tra la sez. 17 e la sez. 18		50,00	610,51		30'525,50
Tra la sez. 18 e la sez. 19		69,14	598,12		41'354,02
Tra la sez. 19 e la sez. 21		106,41	430,17		45'774,39
Tra la sez. 21 e la sez. 22		55,17	292,15		16'117,92
Tra la sez. 22 e la sez. 23		53,02	231,20		12'258,22
Tra la sez. 23 e la sez. 24		50,00	158,45		7'922,50
Tra la sez. 24 e la sez. 25		50,00	93,83		4'691,50
Tra la sez. 25 e la sez. 26		50,00	68,14		3'407,00
Tra la sez. 26 e la sez. 27		50,00	47,46		2'373,00
Tra la sez. 27 e la sez. 28		50,00	31,44		1'572,00
Tra la sez. 28 e la sez. 29		50,00	16,80		840,00
Tra la sez. 29 e la sez. 30		50,00	5,37		268,50
Tra la sez. 30 e la sez. 31		50,00	0,52		26,00
Tra la sez. 31 e la sez. 32		50,00	1,60		80,00
Tra la sez. 32 e la sez. 33		50,00	1,40		70,00
Tra la sez. 33 e la sez. 34		2,50	1,51		3,78
Tra la sez. 34 e la sez. 34a		10,00	1,25		12,50
Tra la sez. 34a e la sez. 35		37,50	0,72		27,00
Tra la sez. 35 e la sez. 36		50,00	1,79		89,50
Tra la sez. 36 e la sez. 37		50,00	1,07		53,50
Tra la sez. 39a e la sez. 40		20,00	1,29		25,80
Tra la sez. 40 e la sez. 41		2,10	2,76		5,80
Tra la sez. 41 e la sez. 42		47,90	1,48		70,89
Tra la sez. 42 e la sez. 43		50,00	0,02		1,00
Tra la sez. 43 e la sez. 44		50,00	10,42		521,00
Tra la sez. 44 e la sez. 45		50,00	13,87		693,50
Tra la sez. 45 e la sez. 46		50,00	3,97		198,50
Tra la sez. 46 e la sez. 47		50,00	0,52		26,00
<b>Totale volume sedimenti marini in banco [m<sup>3</sup>]</b>					<b>222'194,57</b>

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

### 3 Area di Costa Morena

Il dragaggio corrispondente all'area di Costa Morena interessa uno specchio liquido di estensione superficiale pari a circa 388'000 m<sup>2</sup>, con un perimetro di circa 5'000 m.

I volumi di dragaggio ottenuti per i sedimenti in banco ammontano a complessivi 247'158,07 m<sup>3</sup>. Di questi:

- 243'421,12 m<sup>3</sup> riguardano l'escavo di materie sciolte costituite da sabbie, argille, limi, etc. in proporzione variabile;
- 3'736,95 m<sup>3</sup> si riferiscono alla rimozione del substrato roccioso affiorante, posto a 150 cm dal fondale ubicato a sud-ovest della Banchina di Riva di Costa Morena (Cfr. Figura 3.2).

Tenendo conto che la superficie di dragaggio a -14 m s.l.m. presenta una estensione di circa 191'540 m<sup>2</sup>, il volume dei sedimenti da movimentare in cassa di colmata, determinato sulla base dei parametri di over-dredging e di over-bulking assunti in sede di progettazione, varia da un valore di circa 314'012,68 m<sup>3</sup> e un valore di circa 335'082,08 m<sup>3</sup>.

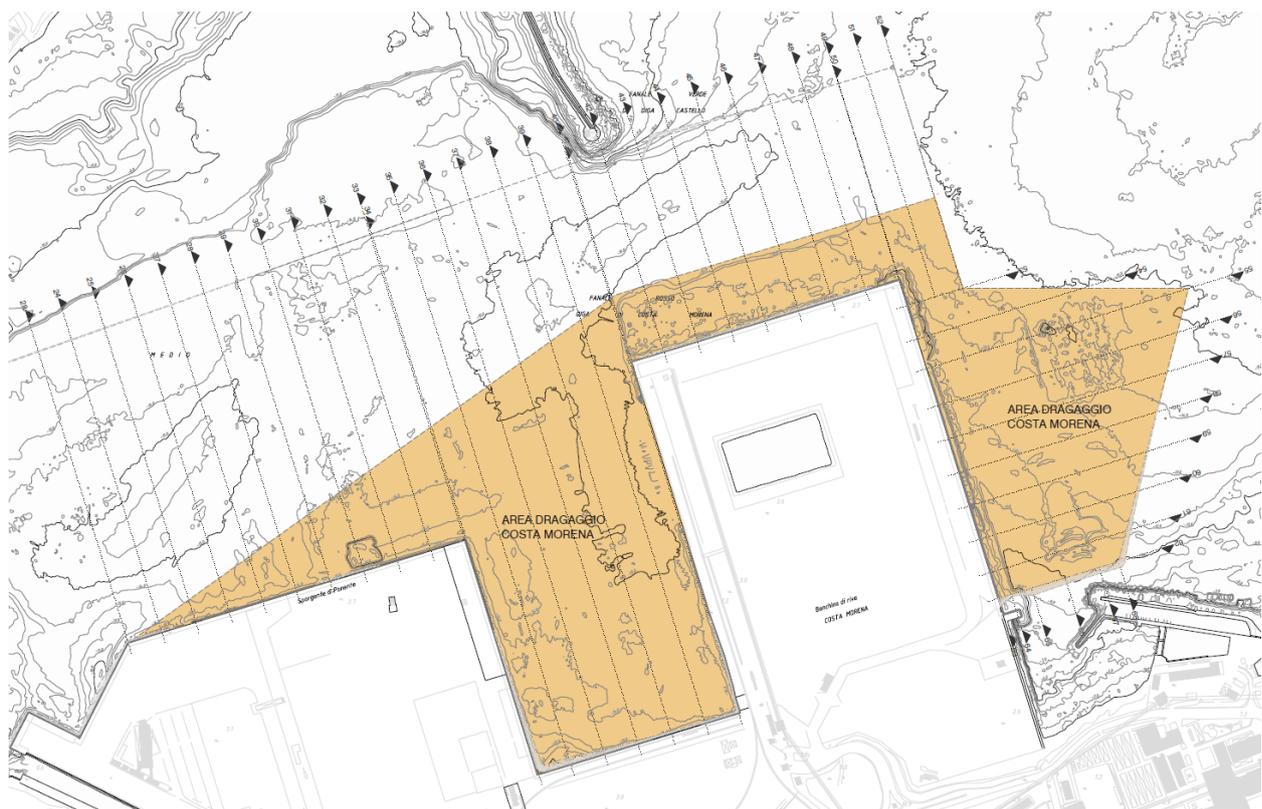


Figura 2.3-1 Stralcio della planimetria generale di dragaggio (Cfr. 09-017-DT-202-1-PLA)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

AREA DI COSTA MORENA Dragaggio a - 14 m s.l.m.					
Descrizione	par.ug.	lungh. [m]	largh.	H/peso [m <sup>2</sup> ]	TOT. [m <sup>3</sup> ]
Tra la sez. 23 e la sez. 24		50,00	0,86		43,00
Tra la sez. 24 e la sez. 25		50,00	3,58		179,00
Tra la sez. 25 e la sez. 26		50,00	2,72		136,00
Tra la sez. 26 e la sez. 27		50,00	2,16		108,00
Tra la sez. 27 e la sez. 28		50,00	2,16		108,00
Tra la sez. 28 e la sez. 29		50,00	9,94		497,00
Tra la sez. 29 e la sez. 30		50,00	18,26		913,00
Tra la sez. 30 e la sez. 31		50,00	23,46		1'173,00
Tra la sez. 31 e la sez. 32		50,00	22,76		1'138,00
Tra la sez. 32 e la sez. 33		50,00	12,34		617,00
Tra la sez. 33 e la sez. 34		2,50	413,85		1'034,63
Tra la sez. 34 e la sez. 34a		10,00	489,25		4'892,50
Tra la sez. 34a e la sez. 35		37,50	149,58		5'609,25
Tra la sez. 35 e la sez. 36		50,00	82,73		4'136,50
Tra la sez. 36 e la sez. 37		50,00	22,81		1'140,50
Tra la sez. 37 e la sez. 38		50,00	14,21		710,50
Tra la sez. 38 e la sez. 39		50,00	5,96		298,00
Tra la sez. 39 e la sez. 39a		30,00	1,95		58,50
Tra la sez. 39a e la sez. 40		20,00	693,33		13'866,60
Tra la sez. 40 e la sez. 41		2,10	725,71		1'523,99
Tra la sez. 41 e la sez. 42		47,90	125,87		6'029,17
Tra la sez. 42 e la sez. 43		50,00	176,74		8'837,00
Tra la sez. 43 e la sez. 44		50,00	164,06		8'203,00
Tra la sez. 44 e la sez. 45		50,00	160,58		8'029,00
Tra la sez. 45 e la sez. 46		50,00	159,54		7'977,00
Tra la sez. 46 e la sez. 47		50,00	136,75		6'837,50
Tra la sez. 47 e la sez. 48		50,00	91,84		4'592,00
Tra la sez. 48 e la sez. 49		49,60	46,37		2'299,95
Tra la sez. 49 e la sez. 50		0,40	129,08		51,63
Tra la sez. 50 e la sez. 51		41,16	128,46		5'287,41
Tra la sez. 51 e la sez. 52		50,00	11,54		577,00
Tra la sez. 53 e la sez. 54		50,00	54,58		2'729,00
Tra la sez. 54 e la sez. 55		44,44	154,26		6'855,31
Tra la sez. 55 e la sez. 56		55,56	235,16		13'065,49
Tra la sez. 56 e la sez. 57		50,00	303,38		15'169,00
Tra la sez. 57 e la sez. 58		50,00	387,28		19'364,00
Tra la sez. 58 e la sez. 59		50,00	427,28		21'364,00
Tra la sez. 59 e la sez. 60		50,00	444,14		22'207,00
Tra la sez. 60 e la sez. 61		50,00	483,37		24'168,50
Tra la sez. 61 e la sez. 62		38,44	580,20		22'302,89
Tra la sez. 63 e la sez. 64		20,00	19,55		391,00
Tra la sez. 64 e la sez. 65		30,00	11,98		359,40
Tra la sez. 65 e la sez. 66		50,00	19,65		982,50
Tra la sez. 66 e la sez. 67		50,00	16,18		809,00
Tra la sez. 67 e la sez. 68		29,27	16,65		487,35
<b>Totale volume sedimenti marini in banco [m<sup>3</sup>]</b>					<b>247'158,07</b>

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

Area di Costa Morena Scavo di roccia a - 14 m s.l.m.					
Descriz	par.ug.	lungh. [m]	largh.	H/peso [m <sup>2</sup> ]	TOT. [m <sup>3</sup> ]
Tra la sez. 34 e la sez. 34a		10,00	158,97		1'589,70
Tra la sez. 34a e la sez. 35		37,50	31,98		1'199,25
Tra la sez. 35 e la sez. 36		50,00	18,96		948,00
<b>Totale volume sedimenti marini in banco [m<sup>3</sup>]</b>					<b>3'736,95</b>

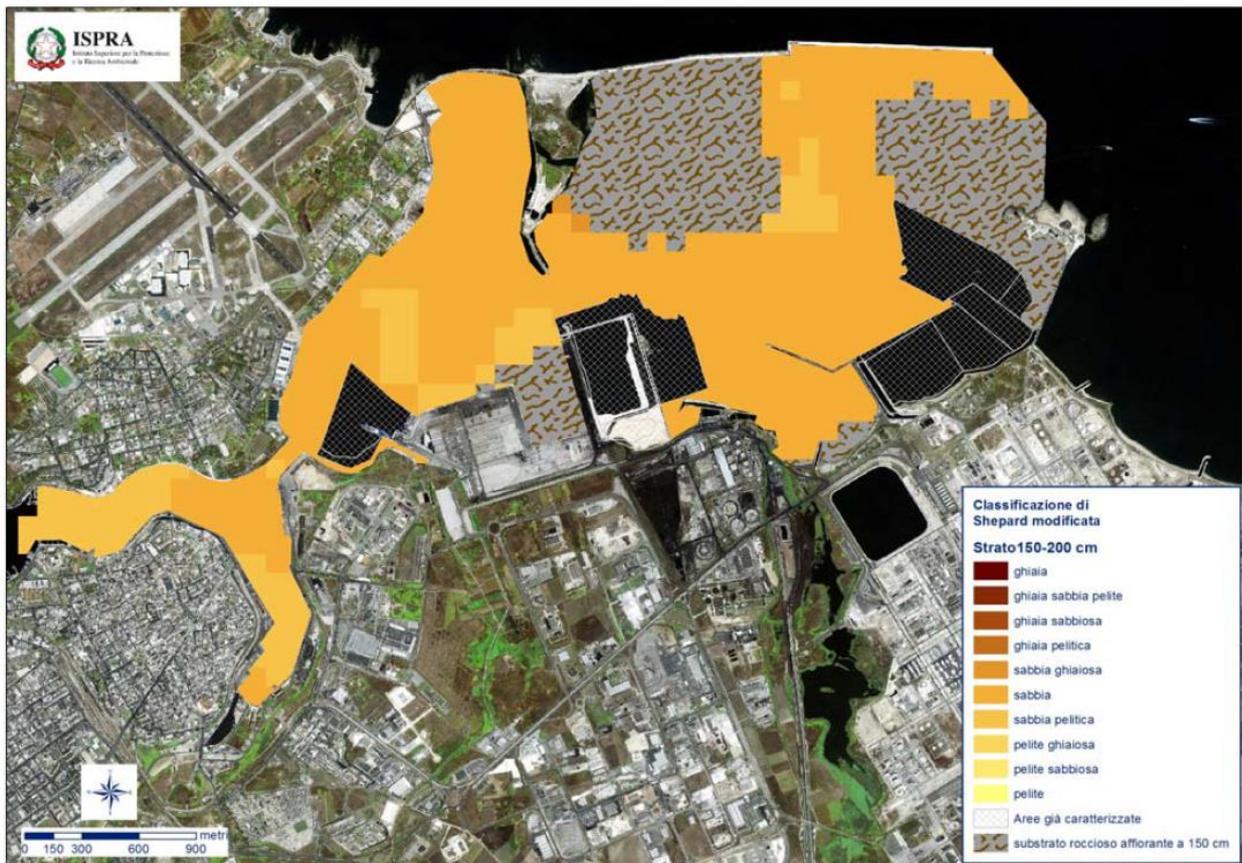


Figura 34: Granulometria dei fondali dell'Area portuale (classificazione Shepard, modificata). Strato 150-200 cm.

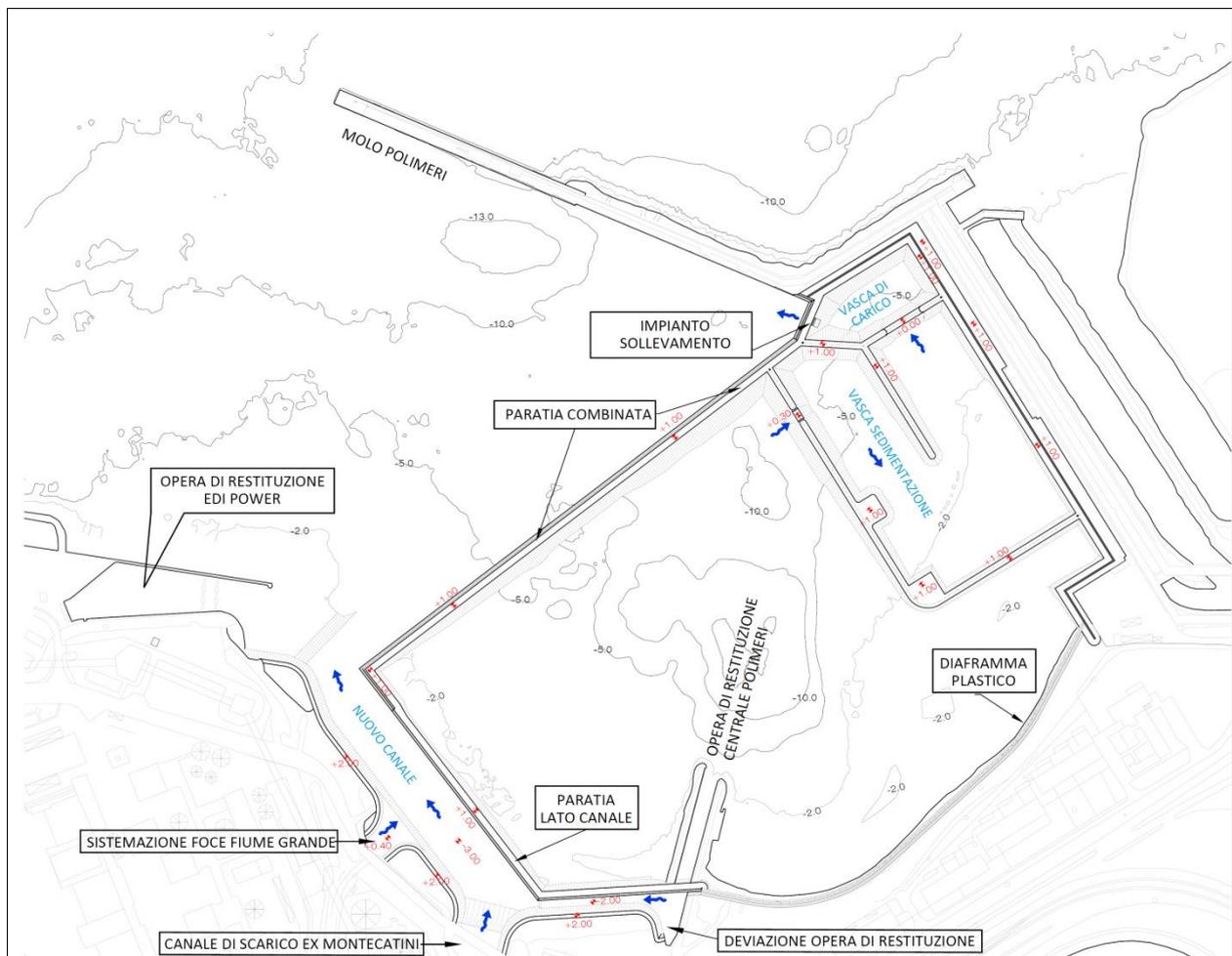
Figura 2.3-2 Immagine estratta dall'elaborato "CII-EI-PU-BR-Area Portuale e Area Costiera-Relazione-01.11" redatto da ISPRA ad Agosto 2011

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

#### 4 Casa di colmata

Il progetto prevede la realizzazione di una cassa di colmata nel porto esterno di Brindisi nella area compresa tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est, area destinata dal Piano Regolatore Portuale vigente al contenimento di sedimi portuali. La cassa è delimitata ad est dallo stesso molo Petrolchimico ed a Sud dall'attuale linea di costa.

Lungo il suo perimetro la vasca è conterminata da una paratia, che garantisce la tenuta idraulica (permeabilità equivalente ad un materiale di spessore pari a 1,00 m e con un coefficiente di permeabilità - k di  $10^{-9}$  m/s) sia laterale che inferiormente estendendosi fino alla profondità di -27,0 m s.l.m., penetrando per almeno 2,00 m nelle formazione impermeabile di argille compatte Azzurre.



**Figura 2.4-1 Nuova vasca di colmata con indicazione delle paratie**

La paratia si estende per un'altezza di 28.5 m ed è costituita da

- palancole metalliche con un giunto ambientale di tipo AKila
  - lungo il lato fronte mare (Nord): del tipo combinata palo  $\phi 1420$  ( $s=22\text{mm}$ ) - palanca AZ18-700 - lunghezza: circa 500 m (Figura 2.4-2)
  - lungo il lato del canale (ad Est e in parte a Sud) e lungo il lato adiacente al molo Petrolchimico (Ovest): del tipo AZ28-700 - lunghezza rispettivamente di circa 310 m e di circa 475 m (Figura 2.4-3)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

- diaframma continuo di calcestruzzo armato C35/45 con spessore 1.0 m e con una lunghezza di 392 m, posto a Sud lungo l'attuale linea di costa; è realizzato con attrezzatura tipo idrofresa, a conci alterni e successiva fresatura del concio intermedio per garantire la tenuta idraulica con  $k < 10^{-9}$  m/s (Figura 2.4-4)

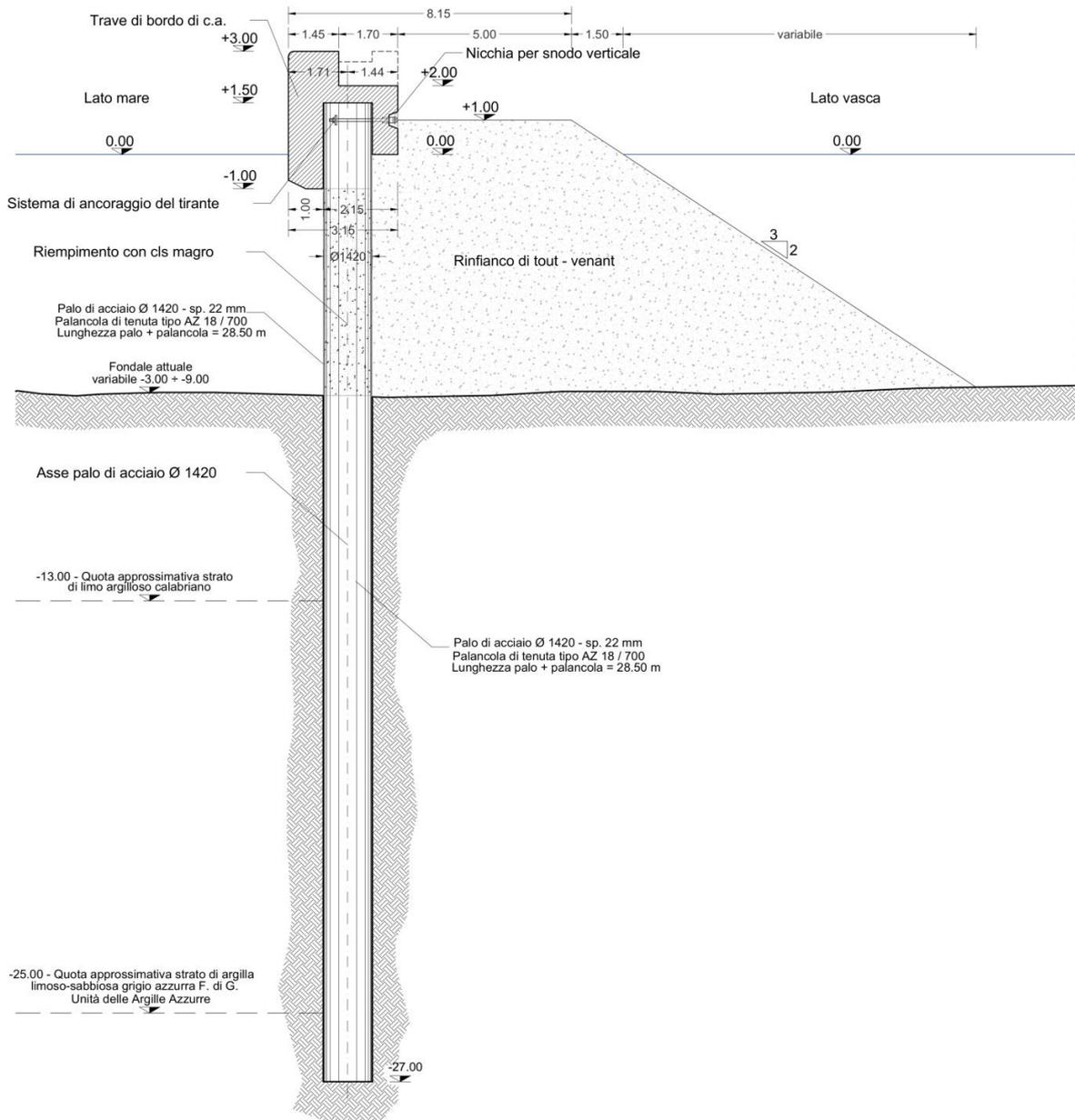
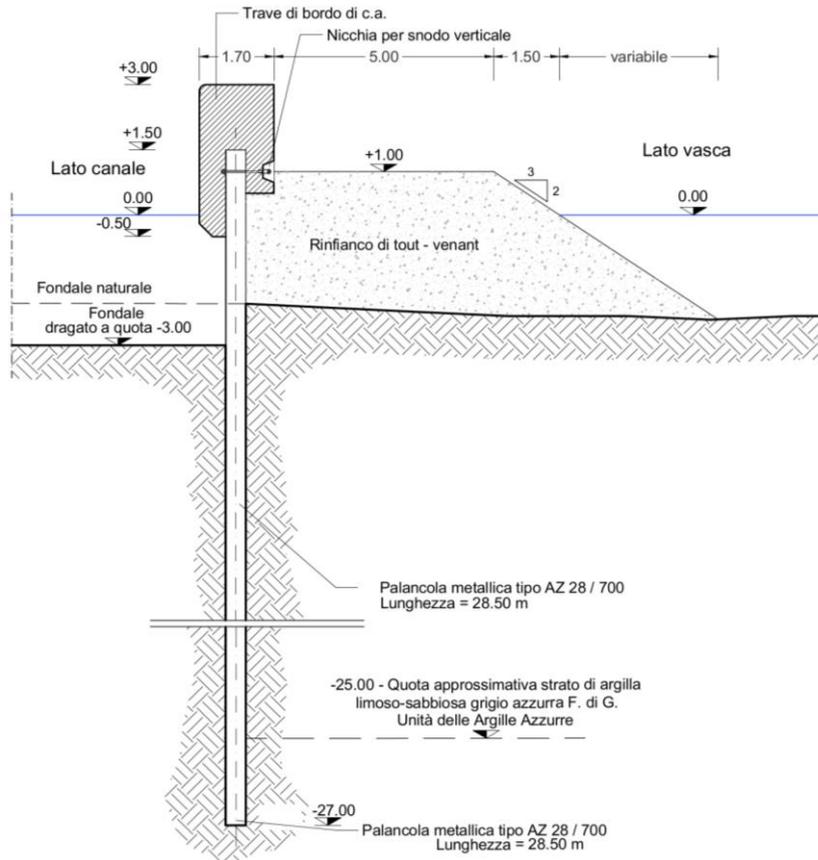
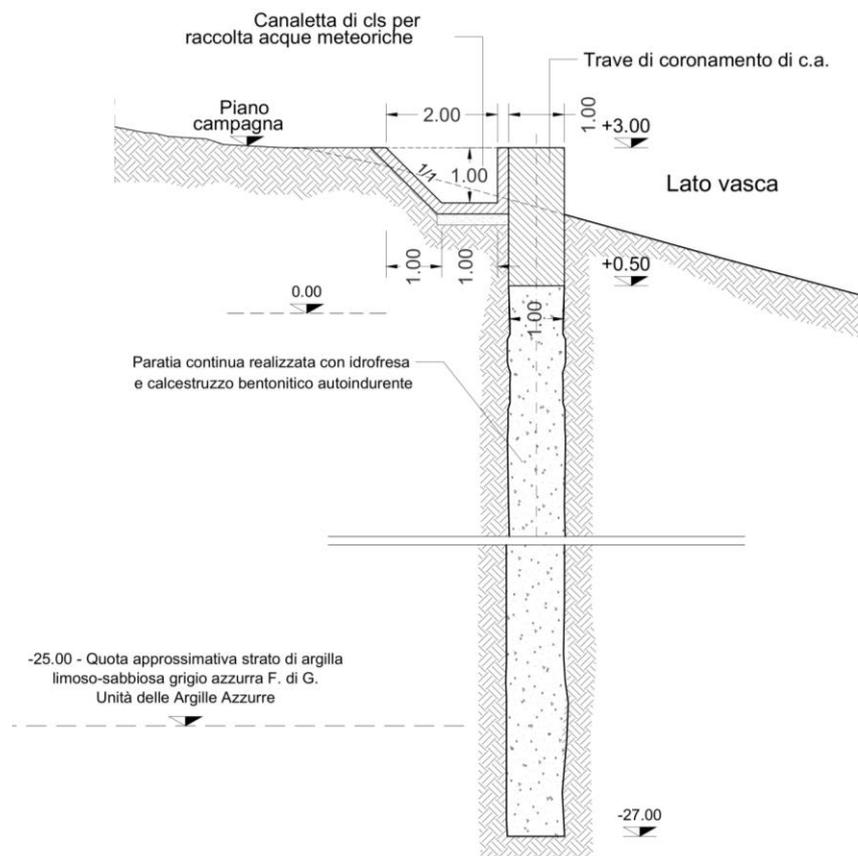


Figura 2.4-2 Paratia metallica combinata -  $\phi 1420$  (s=22mm) e palancola AZ18-700 - lato Nord della vasca

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI</b>					
		09	017	DR	010	1	VAR



**Figura 2.4-3 Paratia metallica palanola AZ28-700 - lato canale (est della vasca)**



**Figura 2.4-4 - Paratia di calcestruzzo - lato linea di costa (sud della vasca)**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

La paratia metallica viene rinfiancata nella parte intera della vasca con Tout-venant di cava, fino a quota +1.00 m s.l.m., con una larghezza di sommità pari a 5.0 m, al fine sia di limitare le sollecitazioni agenti sulle strutture di contenimento durante il refluento del materiale dragato e sia di consentire il transito dei mezzi di lavoro (20 kN/m<sup>2</sup>), necessari alla realizzazione della vasca ed al suo successivo riempimento.

Le strutture di conterminazione vengono completate in sommità con la trave di coronamento di calcestruzzo armato (classe di resistenza C40/50 e di esposizione XS3); la trave, posta lungo il canale e lungo la paratia combinata, oltre a garantire un comportamento statico più omogeneo da sezione a sezione a causa dell'applicazione del sovraccarico, protegge le parti metalliche, nella zona di swash e di bassa marea dove l'azione corrosiva dell'acqua di mare risulta massima estendendosi da quota -1,00 m s.l.m. fino a quota +3,00 m s.l.m. Le travi inoltre sono predisposte con elementi di acciaio zincato posti nella parte interna lato vasca, in apposite tasche, che permetteranno di collocare i tiranti sempre di acciaio per il successivo possibile utilizzo a banchina ed a piazzale portuale.

Il canale laterale di raccolta delle acque è progettato per avere una larghezza di almeno 45,00 m con quota di fondo di -3,00 m s.l.m. ed è in grado di smaltire le portate provenienti dai 4 canali di scarico. Il canale è delimitato a destra dalla paratia metallica di contenimento della vasca ed a sinistra da una scogliera di protezione di massi naturali, con cui è stata riprofilata l'attuale linea di costa.

Per il completamento della cassa di colmata viene realizzata, nella zona lato molo polimeri, una vasca di sedimentazione, una di carico ed un impianto di sollevamento per lo scarico controllato delle acque in esubero nel bacino portuale evitando le indesiderate diffusione dei sedimenti contaminati nell'ambiente marino circostante. Il sistema di refluento e di scarico è dotato di un sistema di sicurezza e controllo che ne consente l'interruzione immediata a seguito del superamento dei limiti dei Solidi Sospesi Totali registrati dalla boa multiparametrica installata nella vasca di carico.

Il sistema di sedimentazione e scarico è dimensionato per consentire lo sversamento di materiale di dragaggio all'interno della vasca di 7'500 m<sup>3</sup>/g, corrispondente a 30'000 m<sup>3</sup>/g di acque di esubero da trattare.

A partire dalle geometrie della cassa di colmata, schematizzata in Figura 2.4-1, è stato possibile determinare il volume che dei sedimenti che la stessa può contenere in relazione alla quota sommitale raggiunta dal riempimento:

Quota riempimento	Capacità vasca
m s.l.m.	m <sup>3</sup>
+0.00	526.074
+0.25	556.252
+0.50	586.757
+0.75	617.588
+1.00	648.605

I materiali provenienti dall'escavo della cunetta e dal dragaggio del canale laterale, qualora al termine delle analisi di caratterizzazione gli stessi risultino privi di contaminazione, o presentino

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

livelli di contaminazione compatibili con la destinazione d'uso del sito, ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., possono essere inviati all'interno della colmata.

### Impermeabilità del contenimento laterale

Una parte della conterminazione della vasca è realizzata mediante una paratia metallica (palanconcola e palancola) cui giunti (gargami) impermeabilizzati con il sistema tipo Akila dell'ArcelorMittal, costituito da 3 cordoni sigillanti estrusi meccanicamente (polimero silano modificati) e funzionanti a compressione (Figura 2.4-5).

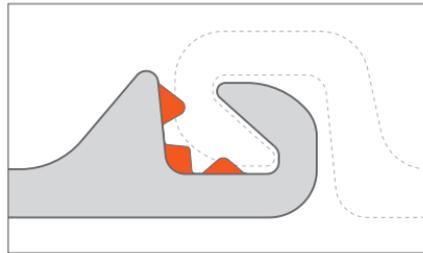


Figura 2.4-5 Giunto impermeabilizzante Akila

In ciò che segue si dimostra il rispetto dei dettami normativi e la necessaria, se pur schematica, trattazione è estratta integralmente dalla documentazione tecnica dei produttori delle palancole metalliche e del giunto (Arcelor).

Le palancole d'acciaio sono completamente impermeabili e, quindi, l'unica possibile via di fuga attraverso la parete di conterminazione sono i gargami. A differenza dei diaframmi plastici, per i quali il problema della filtrazione può essere tecnicamente trattato applicando la legge di Darcy in mezzi omogenei con un coefficiente di permeabilità  $K$  opportunamente scelto.

La Figura 2.4-6 mostra una sezione trasversale di una comune giunto tra palancole. La differenza positiva di pressione tra i punti A e B ( $p_2 - p_1$ ) è associata ad un flusso da B verso A. Le caratteristiche di tale flusso (laminare, potenziale, turbolento, etc.) sono difficili da determinare, ma molto probabilmente non presenta le caratteristiche di un moto di filtrazione in una matrice omogenea e, pertanto, la legge di Darcy non è a rigore applicabile per le infiltrazioni locali attraverso i giunti di una palancola. Per superare questa difficoltà, i ricercatori dell'Università di Delft hanno introdotto il concetto di resistenza idraulica equivalente del giunto.

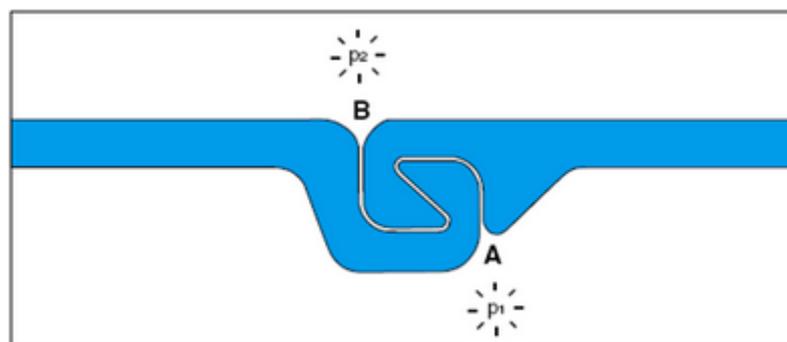


Figura 2.4-6 Sezione trasversale di un giunto tra palancole

Un approccio semplice è quello di assumere che la portata che attraversa il giunto ( $q(z)$ ) è proporzionale alla caduta di pressione ( $\Delta p(z)$ ). Si noti che tale approccio non presuppone un

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

tipo di flusso alla Darcy e che tutte le proprietà idrauliche dei giunti sono racchiuse nel coefficiente di correlazione tra le due grandezze, parametro determinato su base empirica.

Al fine di consentire l'applicazione pratica di tale approccio la ArcelorMittal ha effettuato una campagna di indagini sul campo secondo la norma EN12063, ottenendo valori di  $\rho$  (resistenza inversa) dell'ordine di  $10^{-11}$  m/s: utilizzando l'espressione seguente per il calcolo della portata filtrata si determina il valore del coefficiente di permeabilità equivalente; applicandola ai casi presenti nella vasca di colmata di progetto si ottengono valori coerenti con i minimi previsti in normativa

$$q(z) = \rho \cdot \frac{\Delta p(z)}{\gamma_w}$$

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

## Capitolo 3 DRAGAGGIO DEI SEDIMENTI

Nel presente capitolo sono analizzate e descritte le modalità operative per le operazioni di dragaggio in relazione alla tipologia di sedimento da movimentare ed alla destinazione finale dello stesso. A tal riguardo si precisa che le valutazioni sulla qualità dei sedimenti eseguite sia da parte di parte di ICRAM e di ISPRA, nell'ambito di accordi di programma definiti tra detti Enti e l'Autorità Portuale di Brindisi, sia da parte di Evagrin s.n.c., come consulente specialistico dei progettisti "Modimar S.r.l. - Acquatecno S.r.l.", indicano che i tutti sedimenti da dragare, se contaminati, risultano **non pericolosi all'origine** e che pertanto "(...)potranno essere destinati a refluento in casse di colmata, vasche di raccolta o comunque in strutture di contenimento (...)". In particolare, sulla base dei livelli di contaminazione indicati nei documenti sopra richiamati, a cui si rimanda per maggiori approfondimenti, il presente progetto di dragaggio prevede di eseguire la rimozione dei sedimenti "contaminati e non" mediante escavo ambientale, ovvero mediante l'utilizzo di modalità operative e di tecnologie ambientali che impediscano la diffusione della contaminazione eventualmente veicolata dalla torbidità. Pertanto, contrariamente ad un normale scavo subacqueo, l'approfondimento dei fondali ricadenti all'interno delle aree di intervento, conformemente al D.M. 172/2016, deve risultare:

- efficace sul piano "ecologico", in grado cioè di asportare i sedimenti inquinati dal fondale, garantendo un loro spandimento/risospensione praticamente nullo nel battente d'acqua circostante e così anche in mare ed in terra durante le operazioni di carico, trasferimento e scarico;
- capace di ottimizzare la concentrazione del materiale dragato in relazione alla sua destinazione finale;
- sufficientemente preciso onde assicurare le effettive profondità di progetto;
- tale da consentire, come previsto dal D.M. 7 novembre 2008, un buon grado di miscelazione fra sedimenti immessi in cassa di colmata;
- tale da consentire un rapporto tempi/costi vantaggioso.

Al fine di conseguire tali obiettivi, nel presente progetto si prevede di:

- eseguire un dragaggio ambientale di tipo idraulico e/o meccanico in funzione delle caratteristiche litologiche delle aree da approfondire, nonché della possibilità operativa dell'utilizzo di draghe idrauliche in prossimità delle banchine;
- confinare le aree di intervento con barriere antitorbidità;
- rilevare periodicamente le aree di intervento mediante sistema Multibeam.

Dalle attività di caratterizzazione dei sedimenti eseguite da parte di ICRAM e ISPRA per conto dell'Autorità Portuale di Brindisi, si rileva che i sedimenti da rimuovere, oltre a risultare "non pericolosi all'origine", secondo la classificazione di Shepard (1954) sono prevalentemente sabbiosi con percentuali di sabbie comprese tra il 21% ed il 99%. Tale variabilità rimane pressoché costante all'aumentare della profondità, fatta eccezione per quei fondali in cui si

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

registra un affioramento roccioso, come nel caso dell'area di intervento relativa a Costa Morena (cfr. CII-EI-PU-BR-Area Portuale e Area Costiera-Relazione-01.11).

Le modalità di dragaggio proposte in sede di progettazione definitiva tengono conto degli aspetti ambientali dei sedimenti da rimuovere, delle caratteristiche litologiche dei fondali da approfondire, delle tempistiche e dei costi connessi a dette attività, etc.. Sulla base di questi requisiti si è previsto di poter eseguire un dragaggio ambientale di tipo idraulico e/o meccanico per i sedimenti sciolti ed un dragaggio meccanico con martello demolitore montato in luogo della benna mordente nel caso di roccia affiorante. Quale che sia la tipologia di dragaggio utilizzata, le modalità esecutive adottate per l'approfondimento dei fondali devono essere controllate in tempo reale attraverso l'utilizzo di idonea strumentazione di controllo installata a bordo dei mezzi draganti.

In linea generale è possibile asserire che

- il dragaggio di tipo idraulico consente di rimuovere un grande quantitativo di sedimenti mediante aspirazione di una miscela di sedimenti ed acqua in rapporto variabile e compreso, secondo dati di letteratura, tra 1:4 e 1:5. La miscela può essere refluita direttamente al sito di destino, come nel caso delle draghe aspiranti stazionarie con o senza disgregatore (cutter suction dredgers – CSD; stationary suction dredgers – SD), o caricate all'interno di un pozzo di carico fino al suo opportuno rimpimento e trasferite nel caso di notevoli distanze tra il punto di carico ed il punto di reflimento (trailing suction hopper dredgers – TSHD);
- il dragaggio di tipo meccanico utilizza forze meccaniche per disgregare, scavare e sollevare i sedimenti e presenta il vantaggio di rendere minima la quantità di acqua rimossa insieme ai sedimenti, consentendo di raggiungere un rapporto unitario di acqua-sedimenti. Il materiale così prelevato dai fondali marini viene caricato a bordo della motonave o su apposite bettole di appoggio e trasferito al sito di destino. Sedimenti di tipo coesivo dragati con questo sistema rimangono intatti, con densità prossima alla densità del materiale in situ.

Nel caso in esame, di sedimenti caratterizzati da una matrice prevalentemente sabbiosa che risultano spazialmete distribuiti su una ampia estensione superficiale, si ritiene che un dragaggio ambientale di tipo idraulico sia da preferire ad un dragaggio ambientale di tipo meccanico in quanto consente di eseguire le operazioni di approfondimento dei fondali secondo tempistiche più celeri, con benefici in termini ambientali, economici e di operatività del porto.

Di fatto il dragaggio ambientale di tipo idraulico consente di ridurre le tempistiche di dragaggio in quanto riesce a rimuovere, a parità di mezzi draganti coinvolti, quantitativi di sedimenti marini notevolmente superiori. Ciò determina una notevole riduzione dell'impatto generato dal cantiere in quanto si registra non solo una riduzione delle tempistiche complessive, ma anche un minor numero di unità operative coinvolte nell'esecuzione delle lavorazioni.

Considerato che per raggiungere il "porto interno" di Brindisi occorre transitare lungo il "porto medio", le cui aree rientrano diffusamente nell'intervento di approfondimento dei fondali di cui al presente documento, con la riduzione delle tempistiche e dei mezzi coinvolti nelle operazioni

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

di dragaggio viene a determinarsi una riduzione delle interferenze nella navigazione con benefici per il regolare funzionamento del Porto e delle attività allo stesso legate.

## 1 Dragaggio idraulico ambientale con draga tipo TSHD

Il dragaggio proposto in sede di progettazione definitiva prevede di utilizzare una draga THSD (Trailing Suction Hopper Dredger) aspirante-sembante con pozzo di carico, all'interno della quale viene riversato il materiale dragato. Il vantaggio di questo mezzo consiste nel poter approfondire per strati successivi e in modo uniforme l'area di dragaggio, prelevando uno spessore pari a circa 20-30 cm per ciascun attraversamento. Questa tipologia di draga, che consente di operare senza dover ricorrere ad ancore, piloni, cavi d'ormeggio o barche di appoggio, risulta molto agile negli spostamenti. Ciò contribuisce a garantire un traffico marittimo piuttosto regolare in una zona di transizione come il porto medio di Brindisi. Una generica motonave dragante del tipo TSHD presenta le seguenti caratteristiche: una testa di aspirazione, che viene dotata di getti di acqua a pressione, una condotta di aspirazione, una pompa dragante, una condotta di refluento, una tramoggia apribile dotata di guarnizioni a tenuta stagna, un sistema di sfioro (overflow system), un sistema di rilevamento GPS, etc..

Per il dragaggio e successivo refluento in cassa di colmata, in sede di progettazione definitiva sono state valutate le seguenti fasi operative:

- 1) **Navigazione e posizionamento sull'area di prelievo:** con la tramoggia vuota, la motonave imposta nel computer di bordo la rotta per raggiungere l'area di intervento e naviga fino alla posizione indicata, raggiunta la quale si posiziona nel tratto ove è presente il materiale da dragare.
- 2) **Abbassamento dell'elinda e posizionamento della drag head:** il dragaggio dei sedimenti viene effettuato navigando a bassa velocità (2/3 nodi), e prelevando il materiale durante la fase di movimento del natante, utilizzando un'elinda snodata equipaggiata all'estremità con una testa dragante (drag head), che viene mantenuta costantemente a contatto con il fondale. Per facilitare le operazioni di aspirazione della miscela acqua-sedimenti, la testa dragante attiva un sistema di getti d'acqua in grado di mettere in sospensione lo strato che dovrà essere prelevato dal fondale. La draga, con l'elinda abbassata e la drag head in funzione, percorre lentamente più volte l'area di prelievo, seguendo le rotte prestabilite mediante un sistema DGPS installato a bordo, il quale permette di definire, con precisione, la posizione della testa collegata alla condotta aspirante. I getti disgreganti, presenti sulla parte inferiore della testa dragante, sono regolati manualmente da un operatore mediante un pannello di comando posto in plancia e raggiungono pressioni di 8-10 bar. Facendo variare i giri del motore che alimenta i getti, si riesce a regolare l'intensità con la quale fuoriesce l'acqua dagli ugelli. In condizioni meteorologiche avverse entra in funzione un compensatore d'onda, un pistone collegato al cavo che abbassa la testa dragante e la condotta: tale sistema permette di evitare strappi sul cavo a causa di forti onde.
- 3) **Dragaggio del materiale dal fondo e riempimento della tramoggia:** utilizzando una pompa centrifuga, il materiale dragato sul fondo viene prima pompato sotto forma

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

di miscela acqua-sedimenti, attraverso una tubazione di aspirazione e successivamente riversato all'interno della tramoggia grazie ad un diffusore mobile. Tale diffusore è in grado di ruotare di 180° e di distribuire la miscela d'acqua e sabbia in diversi punti della tramoggia, agevolandone la decantazione.

- 4) **Trasferimento dall'area di dragaggio a quella di refluento:** questa fase del ciclo, in generale nei processi di dragaggio e conferimento di materiale in un'area prestabilita, influisce negativamente sul tempo effettivo di produzione e deve pertanto essere limitata il più possibile. Nel caso specifico del dragaggio del porto medio di Brindisi, l'area di intervento dista mediamente 2 miglia dal punto in cui la draga si allaccia alla condotta di refluento.
- 5) **Allacciamento alla condotta di refluento:** la motonave dragante, giunta nell'area di scarico, si allaccia alla condotta di refluento. Questa è composta da un primo tratto di tubi galleggianti flessibili, e da un secondo tratto composto da tubi in polietilene con manicotti galleggianti.
- 6) **Refluento:** il materiale prelevato dai fondali ricadenti nell'area di intervento, viene diluito e refluito nella vasca di colmata mediante l'utilizzo di ulteriori pompe di aspirazione che convogliano la miscela di acqua e sedimenti di dragaggio dall'interno della tramoggia in condotte refluenti collegate ad uno scarico terminale. Il refluento avviene con pompaggio della miscela sopra descritta dalla motonave dragante all'area indicata.
- 7) **Svuotamento della tramoggia:** Il materiale presente nella tramoggia, durante le operazioni di refluento, viene disgregato con dei getti di acqua, perché durante le fasi di prelievo, la parte con frazione granulometrica grossa, tende a posizionarsi sul fondo della stiva. Tali getti, realizzati attraverso l'utilizzo di alcuni water jet posizionati a prua ed a poppa della tramoggia, sono attivati manualmente da un operatore, che ne regola l'intensità e la direzione grazie ad un quadro di comando posto in plancia.
- 8) **Ritorno all'area di intervento:** refluito tutto il materiale presente nella tramoggia, si scollega la tubazione di refluento e la draga ritorna all'area di prelievo dove ricomincia il ciclo di dragaggio.

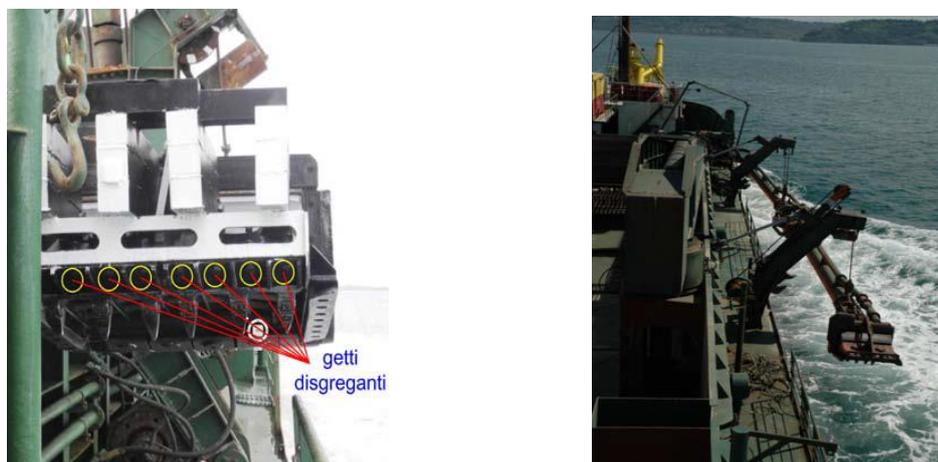


Figura 3.1-1 Abbassamento della condotta con drag head. A sx) getti disgreganti; a dx) Drag head

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI				
		09	017	DR	010	1



Figura 3.1-2 Riempimento tramoggia TSHD



Figura 3.1-3 Water jet in azione



Figura 3.1-4 Refliumto in cassa di colmata

Nel caso in esame di dragaggio ambientale, in fase di progettazione definitiva si è previsto di eseguire le attività di dragaggio e riempimento della tramoggia **senza effettuare overflow**, cioè senza consentire l'allontanamento delle acque di dragaggio attraverso l'utilizzo di sfioratori superficiali, e questo al fine di non generare torbidità per rilascio delle acque in esubero che possono presentare un elevato contenuto di solidi in sospensione.

Tuttavia al fine di ottimizzare la fase di riempimento della tramoggia, ovvero di incrementare la percentuale di sedimenti trasportati per singolo ciclo, in sede di progettazione definitiva si segnala che in fase di realizzazione dei lavori devono essere utilizzati i seguenti accorgimenti:

- riversamento controllato attraverso cui migliorare la capacità di accumulo della draga, mediante la regolazione della portata di aspirazione e della velocità di avanzamento della testa dragante;
- riversamento controllato, tramite un sistema di guida nel tubo di aspirazione, anche direziona l'acqua in eccesso sulla parte più bassa della colonna d'acqua;
- riutilizzo o ricircolazione dell'acqua presente nel pozzo di carico nei getti installati sulla draga, in modo da aumentare la densità della miscela di carico del singolo ciclo lavorativo.

Tali accorgimenti, unitamente al monitoraggio in tempo reale della posizione della testa dragante rispetto al fondale, del volume dragato, della portata di aspirazione, della densità del

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

fango di dragaggio, della velocità di avanzamento della motonave dragante, consentono di minimizzare il contenuto d'acqua rimosso insieme al sedimento.

Al fine di prevenire o ridurre al minimo la perdita di materiale durante il tragitto, il progetto definitivo rivisitato prescrive che preventivamente ad ogni trasferimento sia eseguito:

- il controllo, anche automatizzato, dell'effettiva chiusura delle porte di scarico;
- la copertura della tramoggia, ove necessario;
- la limitazione del grado di riempimento, in relazione all'agitazione ondosa registrata all'atto del trasferimento all'interno del Porto di Brindisi, adottando un adeguato franco di sicurezza.

In fase di esecuzione dei lavori l'impresa Appaltrice dovrà proporre ed applicare, previa fornitura di esaustiva documentazione tecnica e approvazione della Committenza e della Direzione dei Lavori, tutti quegli accorgimenti necessari ad ottimizzare la componente solida per singolo ciclo operativo, nel rispetto dei requisiti ambientali richiesti per le attività di rimozione dei sedimenti "contaminati e non" ricadenti in SIN.

Al fine di ottenere un dragaggio efficiente l'Impresa Appaltrice dovrà quindi ottimizzare ogni singolo ciclo operativo della motonave dragante. Ciò può essere perseguito attraverso il progressivo perfezionamento:

- del processo di aspirazione;
- del processo di assestamento in tramoggia;
- dell'accuratezza nella posizione;
- del tempo impiegato per ciascun ciclo, in relazione al tempo di navigazione;
- del processo di pompaggio durante la fase di refluentamento;
- dell'utilizzo e della distribuzione della potenza disponibile;
- della formazione specialistica dell'equipaggio.

## 2 Dragaggio meccanico ambientale con motonave semovente

Il progetto definitivo prevede di eseguire un dragaggio che utilizza forze meccaniche per disgregare, scavare e sollevare i sedimenti marini ricadenti nelle aree prospicienti le strutture di banchina, ovvero di quelle aree inaccessibili alla draga TSHD. Il dragaggio meccanico sarà eseguito anche per approfondire i fondali rocciosi ubicati a sud-ovest della Banchina di Riva di Costa Morena.

Per le attività sopra riportate, in sede di progettazione definitiva, si prevede di poter utilizzare una moto-nave semovente equipaggiata con un escavatore idraulico rovescio o tralicciato a funi, a cui collegare benne ambientali bivalve. La moto-nave deve essere di tipo semovente in modo da ridurre le interferenze con la navigazione e deve presentare un sistema di pali attraverso cui sollevare la struttura per alcune decine di centimetri rispetto alla linea di galleggiamento, e così operare in condizioni di massima sicurezza.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI</b>				
		09	017	DR	010	1



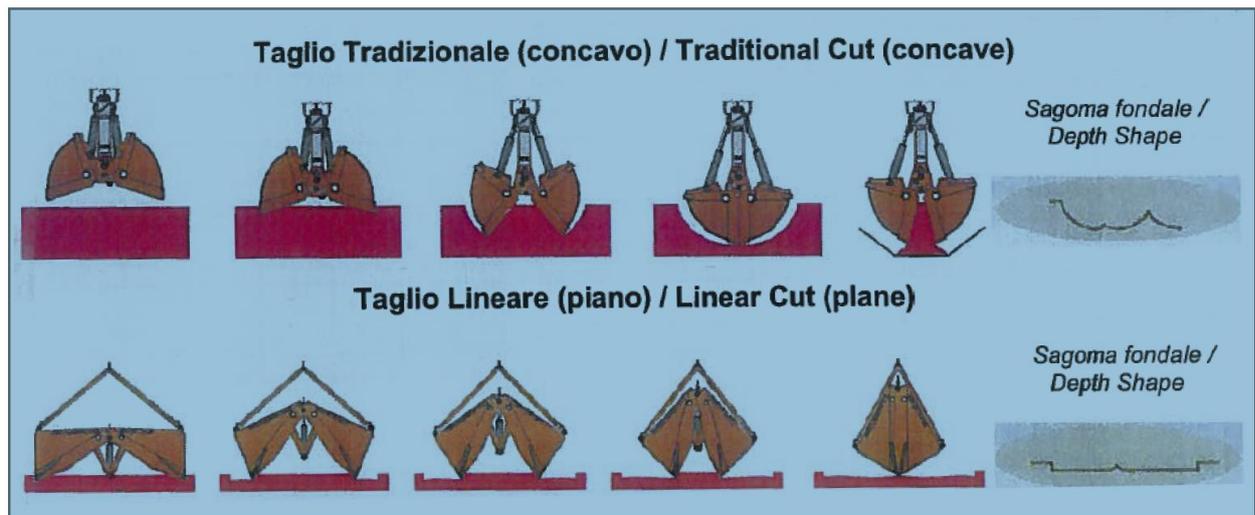
**Figura 3-1 Moto-nave pontone: A sx escavatore idraulico a braccio rovescio; A dx escavatore tralicciato a funi**

La benna mordente bivalente, più propriamente detta “benna ecologica”, consente di rimuovere i sedimenti marini senza creare inquinazione. In Figura 3-2 viene rappresentata una benna ecologica in posizione di apertura ed in quella di chiusura.



**Figura 3-2 Benna ecologica: A sx in posizione di apertura; A dx in posizione di chiusura**

Il suo modo di operare è rappresentato nello schema che segue ed inoltre è confrontato con quello di una benna tradizionale.



**Figura 3-3 Confronto taglio di escavo tra benna tradizionale e benna ecologica**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

Si rileva inoltre che la benna ecologica è dotata di un sistema di ventilazione passivo per ogni valva. Tale sistema consente di ottenere i seguenti risultati:

- Attenuazione sospensione. In fase di discesa della benna la ventilazione è aperta e consente al flusso d'acqua di attraversare le valve. Questo riduce la "spinta di Archimede" e attenua le turbolenze dell'acqua, limitando la sospensione/movimento del materiale
- Attenuazione lavaggio materiale. In fase di risalita la ventilazione automaticamente si chiude evitando il "lavaggio" e la fuoriuscita del materiale

Per evitare che il materiale venga riversato ai lati della benna mordente questa è dotata di una speciale sagoma delle lame laterali che aprono inizialmente dalla parte inferiore per proseguire gradualmente verso la parte superiore. Inoltre guarnizioni di gomma forte garantiscono una maggiore tenuta del materiale.

Si propende quindi a che il dragaggio venga eseguito con questo tipo di "benna ecologica", riuscendo così ad minimizzare la quantità d'acqua rimossa insieme al sedimento. Il materiale prelevato presenterà inoltre una densità prossima a quella del sedimento indisturbato in "situ", con riduzione del volume e dei tempi di dragaggi e con conseguente ottimizzazione dei costi.

L'ottimizzazione del contenuto d'acqua mediante l'utilizzo di benna ecologia deve essere verificato in fase di esecuzione dei lavori, mediante:

- la regolazione del grado di riempimento della benna;
- l'adozione di una velocità adeguata di lavoro;
- la chiusura ermetica della benna;
- la presenza a bordo di opportuni dispositivi (ad es. vasca) per il lavaggio dei mezzi d'opera.

La demolizione del fondale roccioso affiorante sarà eseguita equipaggiando l'escavatore posto sulla moto nave dragante a mezzo di matello demolitore.

Al fine di prevenire o ridurre al minimo la perdita di materiale durante il tragitto, il progetto definitivo rivisitato prescrive che preventivamente ad ogni trasferimento sia eseguito:

- il controllo, anche automatizzato, dell'effettiva chiusura delle porte di scarico;
- la copertura della tramoggia, ove necessario;
- la limitazione del grado di riempimento, in relazione all'agitazione oncosa registrata all'atto del trasferimento all'interno del Porto di Brindisi, adottando un adeguato franco di sicurezza.

In fase di esecuzione dei lavori l'impresa Appaltrice dovrà proporre ed applicare, previa fornitura di esaustiva documentazione tecnica e approvazione della Committenza e della Direzione dei Lavori, tutti quegli accorgimenti necessari ad ottimizzare la componente solida per singolo ciclo operativo, nel rispetto dei requisiti ambientali richiesti per le attività di rimozione dei sedimenti "contaminati e non" ricadenti in SIN.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

### 3 Misure di mitigazione

Al fine di mitigare i possibili impatti generati dalla realizzazione del progetto sull'ambiente marino, le operazioni di dragaggio saranno eseguite in presenza di specifiche panne antitorbidità marine. Queste, realizzate mediante teli in geotessuto o in poliestere ad alta resistenza, pur risultando permeabili all'acqua, consentono di trattenere i solidi in sospensione con completo isolamento della zona di dragaggio. Le panne saranno ancorate al fondale mediante ancore o corpi morti in calcestruzzo e saranno posizionate su ciascuna area in cui opera la moto-nave pontone e quindi spostate e riposizionate sulla successiva area di intervento. La sequenza di spostamento prevede la presenza di due serie di panne, la rimozione della prima serie di panne non verrà effettuata immediatamente al termine delle operazioni di scavo, ma si lascerà trascorrere un tempo adeguato in modo da favorire la sedimentazione naturale del materiale eventualmente messo in sospensione, mentre la seconda serie di panne sarà posizionata nella nuova area di scavo. Durante le operazioni di spostamento e riposizionamento delle barriere, prima di riprendere le operazioni di dragaggio, sarà verificata la stabilità delle panne e degli ancoraggi al fondo, ponendo massima attenzione a che non si crei una nuova sospensione dei sedimenti durante le fasi di posizionamento degli elementi di ancoraggio. Le panne verranno utilizzate anche in prossimità della zona di scarico.

Il periodico rilevamento delle aree di intervento, effettuato con l'utilizzo di un'imbarcazione attrezzata con un sistema GPS e MULTIBEAM, completa la dotazione tecnica a supporto delle attività di escavo. A partire dalle mappe di tali rilievi è possibile definire i piani di lavoro da fornire alle imbarcazioni impiegate nelle fasi di dragaggio.

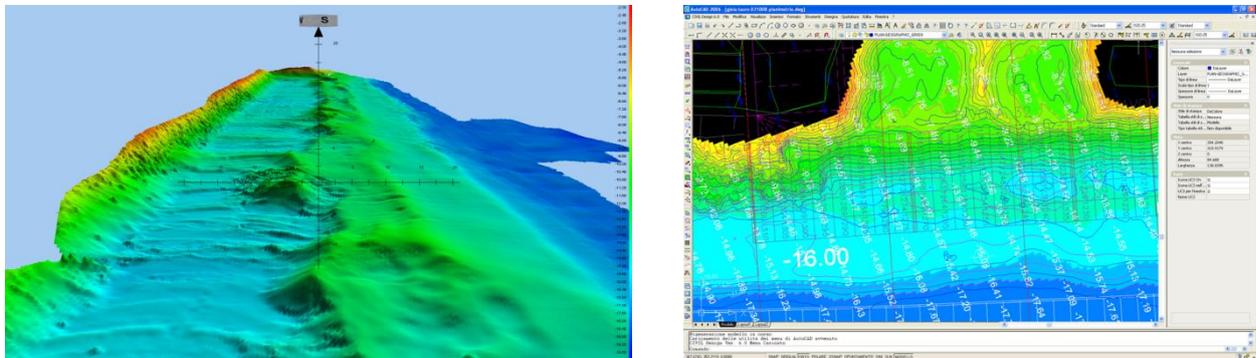


Figura 3-4 Esempio: Output rilievo multibeam

Il monitoraggio in tempo reale delle attività di approfondimento dei fondali di progetto e le verifiche adottate sul sistema di gestione e trasferimento dei sedimenti rimossi, consentono di prevenire e/o di ridurre al minimo la perdita di materiale durante il tragitto.

## Capitolo 4 PIANO DI GESTIONE DEI SEDIMENTI

In conformità alle disposizioni legislative di cui all'art. 5-bis, comma 2, lettera c della legge 28 gennaio 1994 n. 84 e ss.mm.ii. e sulla base delle diverse valutazioni ambientali eseguite sui sedimenti marini ricadenti all'interno delle aree di intervento, il progetto prevede di refluire tutti i sedimenti di dragaggio all'interno della cassa di colmata realizzata tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est, in quanto "non pericolosi" ai sensi dell'allegato D, Parte IV del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii..

Dal confronto dei risultati delle indagini condotte sui fondali con i valori di intervento ed i valori previsti dall'allegato 5 parte IV titolo V del D.lgs. 152/06, l'area indagata è risultata, per buona parte dei parametri ricercati, esente da contaminazione, ad eccezione di alcuni superamenti relativi solo ad alcuni campioni ed alcuni analiti.

Nella Tabella 4-1, di seguito illustrata, sono riportati i superamenti rispetto ai valori previsti dalla Tabella 1 colonna B allegato 5 parte IV titolo V del D.lgs. 152/06 ricadenti all'interno, o nel perimetro, delle aree di intervento, con elencati gli analiti ed il valore di concentrazione oggetto del superamento, la profondità interessata e l'identificativo del campione.

**Tabella 4-1**

Profondità	ID campione	Analita	Valore rilevato	Limite Tab. 1 Col. B (mg / kg ss)
1.00 – 1.20 m	Apollinare BR01/0023	Arsenico	53,64	50
	Apollinare BR01/0025	Arsenico	56,87	50
	Apollinare BR01/0030	Arsenico	78,84	50
	Apollinare BR01/0031	Arsenico	67,65	50
	Apollinare BR01/0036	Arsenico	60,32	50
	Apollinare BR01/0037	Arsenico	58,10	50
	Apollinare BR01/0044	Arsenico	63,22	50
	Apollinare BR01/0045	Arsenico	68,10	50
	Apollinare BR01/0051	Arsenico	56,62	50
	Apollinare BR01/0058	Arsenico	61,47	50
	BR04/0040	Idrocarb. C>12	831,00	750
3.80 – 5.00 m	Apollinare BR01/0029	Arsenico	53,33	50
	Apollinare BR01/0043	Arsenico	72,10	50
	Apollinare BR01/0044	Arsenico	54,02	50
	Apollinare BR01/0045	Arsenico	58,75	50
9.80 – 12.00 m	Apollinare BR01/0022	Arsenico	87,80	50
	Apollinare BR01/0024	Arsenico	54,03	50
	Apollinare BR01/0026	Arsenico	54,07	50

Inoltre sono stati verificati i livelli di contaminazione per gli areali adiacenti ai punti di cui sopra al fine di valutare l'appartenenza alla stessa classe di qualità dei campioni di sedimenti relativi all'area di competenza, ed in 21 dei casi annoverati si sono riscontrati valori di concentrazione

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

di contaminanti superiori al 90% del valore limite di riferimento (tab. 1 col. B allegato 5 parte IV titolo V del D.lgs. 152/06); di seguito, nella Tabella 4.2, vengono elencati i dettagli dei suddetti casi.

**Tabella 4-2**

Profondità	ID campione	Analita	Valore rilevato	Limite Tab. 1 Col. B (mg/kg ss)
0.00 – 0.20 m	Apollinare BR01/0022	Arsenico	46,36	50
	Apollinare BR01/0026	Arsenico	49,22	50
	Apollinare BR01/0029	Arsenico	47,88	50
	Apollinare BR01/0019	Arsenico	45,59	50
	Apollinare BR01/0020	Arsenico	48,55	50
	Apollinare BR01/0043	Arsenico	45,77	50
	Apollinare BR01/0042	Arsenico	46,46	50
0.30 – 0.50 m	Apollinare BR01/0022	Arsenico	47,71	50
	Apollinare BR01/0025	Arsenico	47,91	50
1.00 – 1.20 m	Apollinare BR01/0029	Arsenico	46,36	50
	Apollinare BR01/0035	Arsenico	46,33	50
	Apollinare BR01/0040	Arsenico	45,25	50
	Apollinare BR01/0022	Arsenico	49,63	50
	Apollinare BR01/0026	Arsenico	48,82	50
	Apollinare BR01/0027	Arsenico	46,98	50
	Apollinare BR01/0046	Arsenico	45,03	50
	Apollinare BR01/0038	Arsenico	47,11	50
Apollinare BR01/0061	Arsenico	48,89	50	
3.80 – 5.00 m	Apollinare BR01/0035	Arsenico	49,65	50
9.80 – 12.00 m	Apollinare BR01/0016	Arsenico	48,37	50
	Apollinare BR01/0017	Arsenico	46,66	50

Al termine delle attività di refluitamento dovranno pertanto essere applicate le procedure di cui all'art. 5-bis, comma 3 della legge 28 gennaio 1994 n. 84 e ss.mm.ii, al fine di verificare se vi sono superamenti dei valori limite (CSC) di cui alla Tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del Decreto Legislativo n. 152 del 2006 in relazione alla destinazione d'uso della cassa di colmata.

In cassa di colmata verrà refluita una miscela di acqua e materiale solido, in rapporto variabile in relazione alla tipologia di dragaggio previsto in sede di progettazione. Sulla base delle valutazioni ambientali eseguite da parte di ICRAM e ISPRA, secondo cui i sedimenti presenti nelle aree di intervento presentano una granulometria pressoché costante ed omogenea, costituita da sabbie e sabbie pelitiche, nel presente progetto è stata adottata la scelta di eseguire un dragaggio idraulico ambientale. In cassa di colmata verrà refluita una miscela

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

(slurry) di acqua (75%) e materiale solido (25%) attraverso l'impianto di sollevamento di cui è dotata la draga idraulica ambientale autocaricante TSHD. Questa una volta ormeggiata lungo il filo Nord-Ovest della vasca, scaricherà i sedimenti attraverso una serie di tubazioni di opportuno diametro nelle varie zone della vasca, permettendo un'immissione omogenea e controllata del materiale.

Le acque di esubero prodotte dal progressivo riempimento della cassa di colmata saranno inviate ad una vasca di sedimentazione attraverso un labbro sfiorante posto in diretta comunicazione con la stessa. Le acque in uscita dalla vasca di sedimentazione transitano attraverso una ulteriore vasca "di carico" per il controllo della concentrazione dei solidi sospesi e successivamente vengono inviate nel bacino portuale con un impianto di sollevamento. Un sistema di telecontrollo consente l'attivazione del sistema di scarico in mare solo nel caso in cui le acque di efflusso presentino un livello di concentrazione di solidi sospesi al disotto dei limiti normativi.

Il sistema di sedimentazione e di scarico delle acque di efflusso della cassa di colmata è stato dimensionato considerando una portata limite di miscela slurry immesso nella vasca pari a 30.000 m<sup>3</sup>/g (0.35 m<sup>3</sup>/s), corrispondente a 7500 m<sup>3</sup>/g di sedimenti.

Tale sistema di scarico garantisce che i processi di sedimentazione del materiale immesso nella vasca si completino all'interno della vasca stessa e che le acque che fuoriescono rispettino i limiti imposta dalla normativa sui solidi sospesi (SST - 80 mg/l).

Per accelerare ulteriormente i processi di sedimentazione si può prevedere di utilizzare anche delle panne galleggianti che verranno posizionate a monte del primo manufatto di sfioro e di scarico della vasca. In questo modo l'acqua e le particelle solide trasportate in sospensione a causa della presenza delle panne galleggianti per attraversare l'ostacolo devono deviare per passare al disotto di questo e quindi le particelle solide in questo passaggio risultano animate da una velocità diretta verso il basso che ne favorisce la deposizione.

L'eventuale realizzazione di prove sperimentali sulla effettiva velocità di sedimentazione dei sedimenti di dragaggio, consentirà la verifica e l'ottimizzare delle metodologie e dei dispositivi adottati per restituire le acque al corpo idrico ricettore nei limiti previsti dal D.Lgs. 152/2006.

Il riempimento della cassa di colmata, avviene attraverso un opportuno impianto di refluento (pompe e tubazioni) ed una serie di accorgimenti tecnici consente, come previsto dal Decreto 7 novembre 2008 e ss.mm.ii. un buon grado di miscelazione dei sedimenti refluiti nella vasca ed un ottimale occupazione dei volumi disponibili, quali:

- un sistema di tubazioni con diversi punti di scarico - diffusori;
- utilizzo di tubazione facilmente spostabili nelle varie zone della vasca;
- utilizzo anche di mezzi anfibi e/o di escavatori posizionato su pontone componibile nella vasca, che non opereranno nelle fasi di immissione dei sedimenti nella vasca.

La fase di refluento del dragaggio meccanico sarà eseguita mediante l'utilizzo di un escavatore a fune con braccio tralicciato, installato nella parte sommitale del rinfiacco posto a tergo della parete combinata palo-palancola.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

## Capitolo 5 DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO

Nel seguito si analizza quindi il ciclo produttivo di un dragaggio idraulico ambientale eseguito con moto-nave tipo TSHD, con pozzo di carico da 7'500 m<sup>3</sup>.

### 1 Ciclo produttivo

La produttività della draga si determina in base ai tempi necessari per compiere ognuna delle quattro fasi che compongono il ciclo completo:

- navigazione della draga TSHD a stiva vuota (tempo necessario per raggiungere l'area di dragaggio);
- dragaggio (tempo per riempire il pozzo di carico della draga TSHD);
- navigazione della draga TSHD a piena (per raggiungere il luogo di sversamento);
- allaccio condotta di refluentamento;
- scarico del materiale (tempo per trasferire il materiale dal pozzo della motobetta entro la cassa di colmata)
- distacco condotta di refluentamento.

Nel progetto, le aree destinate al dragaggio hanno distanze variabili dalla cassa di colmata ambientale ubicata tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est. è stata considerata, ai della determinazione della produttività della draga, una distanza media di 2 km.

Le velocità di navigazione di una draga TSHD può assumersi pari a nodi 2 con la stiva piena ed a nodi 4 con la stiva vuota.

Il tempo di percorrenza risulta rispettivamente di:

$$2 / (2 * 1.852) * 60 = 32,4 \text{ [min]}$$

$$2 / (3 * 1.852) * 60 = 21,6 \text{ [min]}$$

A tali tempi si devono poi sommare il lasso temporale per le operazioni di ormeggio e allaccio alla condotta di refluentamento, nonché il tempo per le operazioni di disormeggio e distacco dalla condotta di refluentamento, stimato pari a circa 30 min.

Complessivamente si considera 1,5 h per il trasporto in andata e ritorno, l'ormeggio ed il disormeggio, e per l'attacco ed il distacco della condotta di refluentamento.

Nell'ipotesi di eseguire il dragaggio con una motonave TSHD con pozzo di carico pari a 7'500 m<sup>3</sup>, e di caricare, in assenza di overflow, una miscela con contenuto di secco pari a circa il 25%, è possibile caricare per ciascun ciclo circa 1875 m<sup>3</sup> di sedimenti in situ.

Assumendo che la fase di riempimento del pozzo di carico e di refluentamento in cassa di colmata abbia una durata complessiva di circa 4 h, il tempo necessario per eseguire un singolo ciclo ammonta a circa 5,5 h.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	RELAZIONE SPECIALISTICA SUL DRAGAGGIO E SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI					
		09	017	DR	010	1	VAR

La produzione giornaliera di sedimenti rimossi in situ, che nel caso in esame ammonta a  $7'500 \text{ m}^3/\text{g}$ , viene ottenuta come prodotto tra la produzione per singolo ciclo ed il numero dei cicli che è possibile eseguire per ciascun giorno, ovvero secondo la relazione di seguito riportata:

$$P_{\text{sedimenti in situ}} = 1875 [\text{m}^3/\text{ciclo}] * 4 [\text{ciclo}/\text{g}] = 7'500 [\text{m}^3/\text{g}]$$

Il tempo complessivo per l'esecuzione di tutto il dragaggio viene determinato, in via cautelativa, assumendo quale volume totale dei sedimenti da dragare il volume corrispondente ad un "over-dredging" di 30 cm e pari a:

$$V_{\text{Tot\_da\_dragare}} = V_{\text{Tot\_sedimenti in situ}} + V_{\text{over-dredging}} = 558'867 + 133'093 = 691'960 [\text{m}^3]$$

Pertanto il tempo necessario per eseguire il dragaggio ammonta a:

$$T_{\text{complessivo}} = V_{\text{Tot\_da\_dragare}} / V_{\text{sedimenti in situ}} = 691'960 / 7'500 \approx 93 [\text{gg}]$$

Si sottolinea che tale valore viene incrementato del 25% per considerare le interferenze con il traffico portuale di Brindisi, nonché con le operazioni di apertura e chiusura delle aree conterminate a mezzo panne slit-curtains, che possono alterare l'effettiva operatività delle operazioni di dragaggio.

Determinato il numero di giorni lavorativi occorrenti per l'esecuzione del dragaggio, il tempo contrattuale per l'esecuzione di queste lavorazioni deve tener conto sia delle festività intercorrenti, sia di presumibili condizioni climatiche avverse. Assumendo che in media vi sono 20 gg lavorativi per ciascun mese di lavoro, risulta:

$$T_{\text{contrattuale\_dragaggio}} = 1,25 \cdot T_{\text{complessivo}} [\text{gg}] / 20 [\text{gg}/\text{mese}] \approx 6 \text{ mesi}$$

È facoltà della Stazione Appaltante prevedere e/o consentire l'utilizzo di draghe ambientali diverse per numero e potenzialità, purché siano rispettate le condizioni di sicurezza ambientale e di navigazione. Si fa presente che eventuali variazioni alle attività descritte nel presente documento, devono comunque consentire una gestione delle acque di esubero dei sedimenti refluiti nella vasca di colmata sufficiente a garantire, prima dello sversamento nel corpo idrico ricettore, il rispetto dei limiti normativi riportati in tabella 3, allegato V alla parte III, D.Lgs. 152/06.