

Commissario Straordinario per la realizzazione  
della Piattaforma Europa del Porto di Livorno

Ufficio Tecnico

Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale  
Scali Rosciano, 6 - 57123 Livorno, Italia

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE  
MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA  
PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA

R.U.P.:	Ing. Enrico Pribaz	Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche:
D.L.:	Ing. Matteo Baroni	Dott. Ing. Filippo Busola
Supporto al R.U.P.:	Ing. Ilaria Lotti / Ing. Pietro Chiavaccini / Ing. Andrea Carli	
Direttore operativo:	Arch. Raul Raffalli	
C.S.E.:	Geom. Fabio Verzoni	

CONTRAENTE GENERALE: R.T.I.

Mandataria:



PROGETTISTI: R.T.P.

Mandataria:



PROTOCOLLO:

DATA: Aprile 2024

TITOLO ELABORATO:

Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del  
sedimento sospendibile - Relazione tecnica

NOME FILE:

1233-PE-0-0-CAN-R-010-0.docx

SCALA:

/

CODICE ELABORATO:

1233-PE-0-0-CAN-R-010-0

FORMATO:

A4

0	Prima emissione	Aprile 2024		SANZONE	TARTAGLINI	BUSOLA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 2
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>PIANO DEI DRAGAGGI CON RIEPILOGO DI SINTESI DELLE VOLUMETRIE DEI MATERIALI DI ESCAVO DA MOVIMENTARE</b> .....	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>STRATIGRAFIE E CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE E LITOLOGICHE DEGLI STRATI DRAGATI</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>RISULTANZE DELLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DI ESCAVO ESEGUITE IN FASE PROGETTUALE CON SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DEI SEDIMENTI</b> ....	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE FASI DI DRAGAGGIO (PIANO DI DRAGAGGIO) CON L'INDIVIDUAZIONE DELLE VOLUMETRIE, DELLE TECNOLOGIE, DELLE METODOLOGIE E DEI PROCESSI DI DRAGAGGIO ADOTTATI E DELLE ZONE DI COLMATA DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI ESCAVO</b>	<b>42</b>
	5.1 MODELLAZIONI PER LA VERIFICA DELLA DIFFUSIONE DEL PLUME.....	51
<b>6</b>	<b>MONITORAGGIO AMBIENTALE INTEGRATIVO DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'ESCAVO IDRAULICO CON DRAGA "CSD"</b> .....	<b>59</b>
	6.1 ANALISI DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE ED ALLERTA.....	66
	6.2 ATTIVITÀ AL SUPERAMENTO DEI LIVELLI DI ALLARME/ATTENZIONE.....	67
	6.3 ULTERIORI MISURE A TUTELA DEI TARGET SENSIBILI.....	67
	6.4 ULTERIORI MISURE DI MONITORAGGIO DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'ESCAVO IDRAULICO CON DRAGA "CSD" A TUTELA DEI TARGET SENSIBILI.....	68
<b>7</b>	<b>CRONOPROGRAMMA COMPLESSIVO DELLE FASI ESECUTIVE DELLE ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO</b>	<b>71</b>
<b>8</b>	<b>NOTA TECNICA PER LA VERIFICA DI OTTEMPERANZA DELLE ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO RELATIVE ALLE CONDIZIONI AMBIENTALI PRESCRITTE NEL DECRETO INTERMINISTERIALE DI COMPATIBILITÀ AMBIENTALE VIA [M_AMTE.MASE.VA N. 81 IN DATA 11.03.2024]</b> .....	<b>73</b>

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 3
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

## ELENCO DELLE FIGURE

<i>Figura 1-1 Planimetria di progetto di realizzazione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi con rappresentazione dei corpi d'opera .....</i>	7
<i>Figura 1-2 – Piano dei dragaggi e macrofasi operative .....</i>	8
<i>Figura 1-3 Tabella di sintesi delle volumetrie di dragaggio correlato ai settori di escavo.....</i>	9
<i>Figura 1-4 – estratto delle campagne geognostiche eseguite e delle sezioni geologiche di PD [sezioni L-L ed I-I].....</i>	14
<i>Figura 1-5 Esempio colonna stratigrafica per classi di gestione ex DM 173/2016.....</i>	15
<i>Figura 1-6 – Distribuzione statistica delle classi di gestione dei sedimenti in funzione dei livelli di campionamento. ....</i>	16
<i>Figura 1-7 – rappresentazione del layout di progetto con indicazione dell'area conterminata (settore della nuova area di colmata Nord) dove verranno collocati i sedimenti.....</i>	18
<i>Figura 1-8 – Draghe semoventi autocaricanti/scaricanti a pozzo tipo “Grab Hopper Dredger GHD” in fase operativa.....</i>	19
<i>Figura 1-9 – Schema di scarico dei materiali di dragaggio con “GD/GHD- Grab Hopper Dredger” nelle vasche di accumulo intermedie .....</i>	20
<i>Figura 1-10 – trasporto dei sedimenti dragati in classe di qualità D con “GH/GHD – Grab Hopper Dredger” dalle vasche di accumulo intermedie previste in fase esecutiva ai bacini impermeabilizzati.....</i>	20
<i>Figura 1-11 – principio di funzionamento operativo del brandeggio di una draga “CSD” ed alcuni esempi dell'impiego del convoglio effossorio semovente con rimorchiatore di assistenza nel porto di Livorno.....</i>	21
<i>Figura 1-12 – consolle di controllo “sistema SCADA” e schematizzazione dragaggio layer sottili con draga CSD.....</i>	21
<i>Figura 1-13 – rappresentazione schematica della turbolenza generata localmente del disgregatore e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga.....</i>	22
<i>Figura 1-14 – rappresentazione grafica da simulazione numerica della turbolenza generata localmente del disgregatore in relazione alle caratteristiche geotecniche dei sedimenti e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga.....</i>	23
<i>Figura 2-1 Tabella di sintesi delle volumetrie di dragaggio correlato alle tecnologie di escavo previste ed alle aree di destinazione dei materiali dragati. ....</i>	27
<i>Figura 2-2 – Tabella di sintesi delle volumetrie dei sedimenti di dragaggio movimentati nell'ambito del “piano di gestione, di riutilizzo/riallocazione e di ripartizione nelle colmate” per la formazione dei nuovi piazzali e delle future aree logistiche, con individuate le capacità d'invaso post dragaggio. ....</i>	29
<i>Figura 3-1 – Planimetria sondaggi e individuazione dei sondaggi integrativi utilizzati per la determinazione dei parametri del terreno – [estratto dall'elaborato 1233_PD-B-101] e relativa legenda.....</i>	31
<i>Figura 3-2 – estratto delle sezioni geologiche [sezioni L-L ed I-I].....</i>	33
<i>Figura 4-1 Esempio colonna stratigrafica per classi di gestione ex DM 173/2016.....</i>	34
<i>Figura 4-2 – classi di qualità dei campioni di sedimento in funzione delle ipotesi di gestione e localizzazione planimetrica delle celle con sedimenti sciolti superficiali in classe di “qualità D”. ....</i>	38
<i>Figura 4-3 – rappresentazione del layout di progetto con indicazione dell'area conterminata impermeabilizzata WBS 9a (in magenta) dove verranno collocati i sedimenti in classe D.....</i>	41

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 4
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

<i>Figura 4-4 – Tabella con la distribuzione statistica delle classi di gestione dei sedimenti in funzione dei livelli di campionamento -area colmata e classi di qualità dei campioni di sedimento in funzione delle ipotesi di gestione – livello C1 – area di colmata. ....</i>	41
<i>Figura 5-1 – Draghe semoventi autocaricanti/scaricanti a pozzo tipo “Grab Hopper Dredger GHD” in fase operativa.....</i>	43
<i>Figura 5-2 – Schema di scarico dei materiali di dragaggio con “GD/GHD- Grab Dredger/Hopper Dredger” nelle vasche di accumulo intermedie. ....</i>	43
<i>Figura 5-3 – trasporto dei sedimenti dragati in classe di qualità D con “GH/GHD – Grab Hopper Dredger” dalle vasche di accumulo intermedie previste in fase esecutiva ai bacini impermeabilizzati.44</i>	
<i>Figura 5-4 – Schema di funzionamento della benna ecograb™®.....</i>	44
<i>Figura 5-5 – principio di funzionamento operativo del brandeggio di una draga “CSD” ed alcuni esempi dell’impiego del convoglio effossorio semovente con rimorchiatore di assistenza.....</i>	45
<i>Figura 5-6 – principio consolle di controllo “sistema SCADA” e schematizzazione dragaggio layer sottili con draga CSD. ....</i>	46
<i>Figura 5-7 – rappresentazione schematica della turbolenza generata localmente del disgregatore e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga.....</i>	47
<i>Figura 5-8 – rappresentazione grafica da simulazione numerica della turbolenza generata localmente del disgregatore in relazione alle caratteristiche geotecniche dei sedimenti e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga. ....</i>	47
<i>Figura 5-16 – Suddivisione in macro-fasi degli interventi di dragaggio.....</i>	49
<i>Figura 5-17 – Legenda fasi di dragaggio.....</i>	49
<i>Figura 5-18 Planimetria aree di rilievo e profondità di dragaggio .....</i>	50
<i>Figura 5-9 Dati di vento utilizzati nelle simulazioni .....</i>	52
<i>Figura 5-10 Dati di input dei terreni utilizzati nelle simulazioni (LS per WBS 2, WBS 10, LA per WBS 10) 52</i>	
<i>Figura 5-11 - SCENARIO 1: mappa percentile 30 mg/l – Si riportano nella mappa il limite della posidonia (2023) e le stazioni di monitoraggio Meloria e Scolmatore .....</i>	53
<i>Figura 5-12 - SCENARIO 1: mappa dei tassi di sedimentazione indotti da dragaggio. Si riportano nella mappa il limite della posidonia (2023) e le stazioni di monitoraggio Meloria e Scolmatore.54</i>	
<i>Figura 5-13 - SCENARIO 2: mappa percentile 30 mg/l. Si riportano nella mappa il limite della posidonia (2023) e le stazioni di monitoraggio Meloria e Scolmatore .....</i>	54
<i>Figura 5-14 - SCENARIO 2: mappa dei tassi di sedimentazione indotti da dragaggio (a dx cumulativo per tutto il dragaggio della WBS 10). Si riportano nella mappa il limite della posidonia (2023) e le stazioni di monitoraggio Meloria e Scolmatore.....</i>	55
<i>Figura 5-15 - SCENARIO 3: mappa del percentile 30 mg/l (sx) tassi di sedimentazione indotti da dragaggio(dx).....</i>	56
<i>Figura 6-1 – Diagramma di flusso per definire le soglie di allerta sui recettori sensibili.....</i>	59
<i>Figura 6-2 – Relazione intensità-durata degli effetti ambientali [Erftemeijer, P.L.A. and Lewis, R.R. (2006) Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. Marine Pollution Bulletin. Vol. 52, no. 12, pp. 1553-1572]. ....</i>	59
<i>Figura 6-3 – Range di variazione delle soglie di luminosità critica (% della irradianza di superficie -SI) per varie specie di fanerogame. ....</i>	60
<i>Figura 6-4 – Soglie critiche di sedimentazione per le fanerogame.....</i>	60
<i>Figura 6-5 – Ubicazione delle stazioni di monitoraggio ambientale (da Google Earth).....</i>	61
<i>Figura 6-6 – Torbidimetri di riferimento per le fanerogame.....</i>	62

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 5
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

*Figura 6-7 – Valori di torbidità registrati al torbidimetro Meloria nel periodo di osservazione disponibile*  
62

*Figura 6-8 – Valori di torbidità registrati al torbidimetro Scolmatore nel periodo di osservazione disponibile (dal 29/11/2022 al 02/05/2023- 3692 registrazioni orarie). ....*63

*Figura 6-9 – Andamento della torbidità (strumento Meloria) nell’evento tra 9/01/2023 ed il 23/01/2023.*  
65

*Figura 6-10 – Altezza d’onda registrata alla boa di Gorgona 9/01/2023 ed il 23/01/2023. ....*65

*Figura 6-11 – Serie temporale dei parametri d’onda per la stazione oceanografica SCOLMATORE. 1° grafico (dall’alto verso il basso): altezza significativa (in blu), altezza media 1/10 (in verde), altezza massima (in rosso). 2° grafico: periodo di picco (in blu), periodo medio (in verde). 3° grafico: direzione di picco (in blu), propagazione direzionale (in verde), direzione media (in rosso). 4° grafico: pressione (in blu). ....*65

*Figura 6-12 – Andamento della torbidità (strumento Scolmatore nell’evento tra 9/01/2023 ed il 23/01/2023. ....*66

*Figura 6-13 – Posizione delle stazioni di misura della torbidità esistenti, delle stazioni aggiuntive e delle trappole sedimentarie come da PMA esecutivo ....*68

*Figura 6-14 – schema operativo del monitoraggio integrativo della torbidità durante le attività di dragaggio idraulico con draga “CSD” (in sovrapposizione alle ulteriori stazioni di monitoraggio previste in CO). ....*69

*Figura 6-15 Correlazione NTU-mg/l (LASC 2003) ....*70

*Figura 7-1 Cronoprogramma Dragaggio Imbasamenti ....*71

*Figura 7-2 Cronoprogramma Dragaggio Canale di accesso e bacini interni. ....*71

*Figura 7-3 – Suddivisione in macro-fasi degli interventi di dragaggio. ....*72

*Figura 8-1 – estratto delle sezioni geologiche [sezioni L-L ed I-I]. ....*76

*Figura 8-2 – principio di funzionamento operativo del brandeggio di una draga “CSD” ed alcuni esempi dell’impiego del convoglio effossorio semovente con rimorchiatore di assistenza. ....*79

*Figura 8-3 – principio consolle di controllo “sistema SCADA” e schematizzazione dragaggio layer sottili con draga CSD. ....*79

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	6

### ELENCO DELLE TABELLE

<i>Tabella 4-1 Classi di pericolo chimico rispetto ai valori di HQc (estratta dall'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016) .....</i>	35
<i>Tabella 4-2 Classificazione della qualità dei sedimenti risultante dall'applicazione dei criteri di integrazione ponderata .....</i>	36
<i>Tabella 4-3 Distribuzione statistica delle classi di gestione dei sedimenti in funzione dei livelli di campionamento. ....</i>	37
Tabella 4-4 -tabella riepilogativa delle volumetrie in classe di "qualità D" suddivise per WBS. ....	40
Tabella 6-1 caratteristiche degli eventi di torbidità sopra la media per la stazione Meloria .....	63
Tabella 6-2- caratteristiche degli eventi di torbidità sopra la media per la stazione Scolmatore.....	64



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 7
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

## 1 PREMESSA

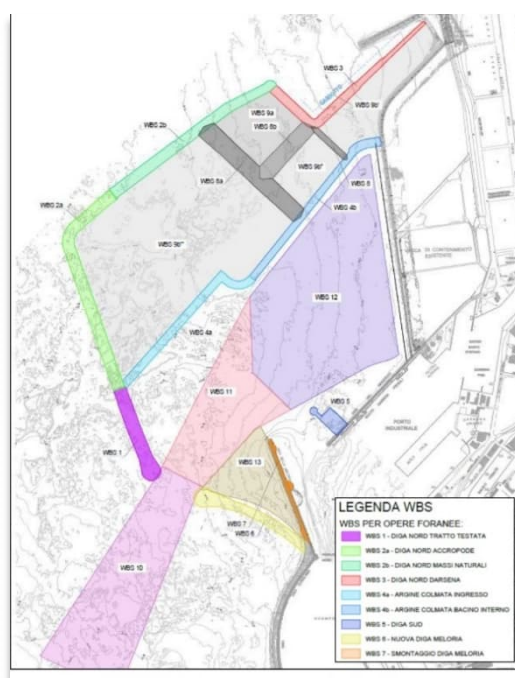
Nell'ambito del progetto della **“realizzazione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa del porto di Livorno”** è previsto l'approfondimento dei fondali nel canale di accesso (tratto esterno a -17 m s.l.m.m. e tratto interno a -16 m s.l.m.m.) e nei bacini/darsene interne (darsena del nuovo terminal container a -16 m s.l.m.m. e fondali retrostanti la Nuova Diga della Meloria a -13 m s.l.m.m.), nonché l'escavo dell'impronta dell'imbasamento delle nuove opere foranee (prevalentemente realizzate con dighe a gettata), con la rimozione degli strati geologici più compressibili presenti nel piano di imposta, per consentire di far esaurire interamente il periodo di consolidamento dei rilevati durante la fase di cantiere, prima della realizzazione del massiccio di coronamento e del muro paraonde in calcestruzzo.

**L'intervento è stato suddiviso in corpi d'opera, identificati con la sigla “WBS” (Work Breakdown Structure), che individuano le opere marittime (dighe esterne e interne) e i dragaggi (canale interno ed esterno e bacini interni).**

Più in dettaglio, per quanto riguarda le opere marittime, l'ampliamento del Porto di Livorno verso Nord prevede la realizzazione di un nuovo molo di sopraflutto (Diga Nord), la riconfigurazione della diga del Marzocco (Diga Sud) e lo smontaggio e riconfigurazione del tratto settentrionale della diga della Meloria (Nuova Diga della Meloria).

**In questa relazione si riporta una descrizione dettagliata dei dragaggi, con riferimento ai corpi d'opera in cui è stato suddiviso l'intervento e del riutilizzo dei sedimenti nelle colmate.**

Nelle *Figura 1-1*, *Figura 1-2* si riportano la planimetria di progetto con la rappresentazione dei corpi d'opera delle strutture marittime suddivise per WBS ed il piano dei dragaggi previsti con l'individuazione delle macrofasi operative delle attività di escavo.



*Figura 1-1* Planimetria di progetto di realizzazione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi con rappresentazione dei corpi d'opera

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 8
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

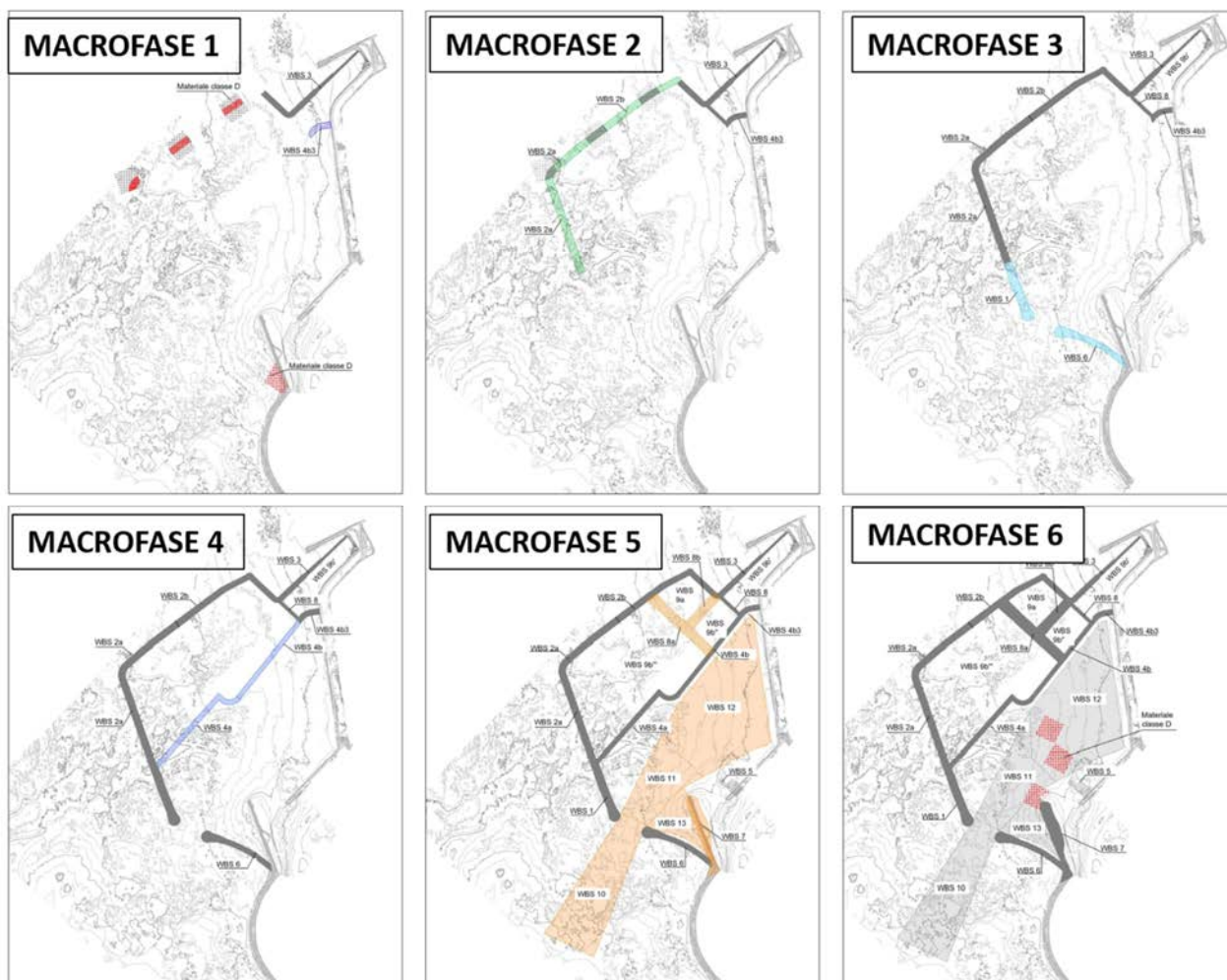


Figura 1-2 – Piano dei dragaggi e macrofasi operative

In dettaglio, si prevede l'escavo complessivo di circa **15,7 milioni di metri cubi** (incluso un franco di sicurezza e di manutenzione/overdredging) nelle seguenti aree:

- **formazione cunette per la costituzione dei piani d'imbasamento delle dighe foranee e di parte dei rilevati perimetrali interni di arginatura delle colmate per un quantitativo di circa 975.070 m<sup>3</sup>, per uno spessore variabile di 1-3,5 m, così suddivisi:**
  - a) imbasamento diga di sopraflutto (WBS 1, WBS 2a e 2b) per un quantitativo di circa 381.500 m<sup>3</sup> per una superficie circa 198.800 m<sup>2</sup>;
  - b) imbasamento diga di sottoflutto (WBS 6 – nuova diga della Meloria) per un quantitativo di circa 232.000 m<sup>3</sup> per una superficie circa 51.000 m<sup>2</sup>;
  - c) imbasamento argini interni colmata (WBS 4a e 4b) per un quantitativo di circa 286.00 m<sup>3</sup> per una superficie circa 95.000 m<sup>2</sup>;
- **Dragaggio canale di accesso e bacini interni per un quantitativo di circa 14.753.000 m<sup>3</sup>, così suddivisi:**
  - a) canale di accesso esterno fino a quota -17 m s.l.m.m. (WBS 10) per un quantitativo di circa 2.006.000 m<sup>3</sup> (superficie circa 480.000 m<sup>2</sup>);
  - b) canale di accesso interno fino a quota -16 m s.l.m.m. (WBS 11) per un quantitativo di circa 2.445.000 m<sup>3</sup> (superficie circa 305.000 m<sup>2</sup>);



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 9
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

- c) bacino di evoluzione e darsene interne fino a quota a -16 m s.l.m.m. (WBS 12) per un quantitativo di circa 8.900.000 m<sup>3</sup> (superficie circa 769.000 m<sup>2</sup>);
- d) canale di collegamento e fondali retrostanti la nuova diga della Meloria fino a quota a -13 m s.l.m.m. (WBS 13 e WBS 7) per un quantitativo di circa 1.300.000 m<sup>3</sup> (superficie circa 148.000 m<sup>2</sup>).

Nella seguente figura si riporta una tabella di sintesi e di maggiore dettaglio delle volumetrie di dragaggio, dei settori di escavo e della ripartizione delle classi di qualità dei sedimenti da escavare.

<i>Realizzazione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa del porto di Livorno - DRAGAGGIO E DEI SETTORI DI ESCAVO</i>					
Macrozona di escavo (PE)	Settore di escavo (PE)	suddivisione classe di qualità sedimenti	Superficie area di dragaggio [m <sup>2</sup> ]	Stima volumi di escavo "in situ" [m <sup>3</sup> ]	
Dragaggio Canale di accesso e bacini interni	WBS 10 Imboccatura esterna Nord [fino a quota -17 m s.l.m.m.]	classe A, B, C e D*	479.042,0	2.006.384	
	WBS 11 Imboccatura int. Nord [fino a quota -16 m s.l.m.m.]		304.640,9	2.444.948	
	WBS 12 Bacino interno [fino a quota -16 m s.l.m.m.]		768.561,5	8.718.738	
	WBS 13 Canale collegamento [fino a quota -13 m s.l.m.m.]		147.708,6	811.066	
	WBS 7 Canale di collegamento [fino a quota -13 m s.l.m.m.]		-	483.217	
	subtotale volumi in classe "A,B,C e D**"			1.699.953	14.464.352
	WBS 12 Imboccatura est. Nord [spessore max scavo 2,5 m]	classe D	80.000,00	168.000	
	WBS 13 Imboccatura est. Nord [spessore max scavo 9,5 m]		26.738,83	120.324,7	
	subtotale volumi in classe "D"			106.739	288.325
	Dragaggio formazione cunette per costituzione piani imbasamento dighe foranee e parte rilevati perimetrali di arginatura delle colmate	WBS 1 Diga Nord tratto testata [cunetta a quota var. min -21,3 m s.l.m.m.]	classe A, B, C e D*	45.101	165.846
WBS 2a diga Nord in massi artificiali [cunetta a quota - 11 m s.l.m.m.]		92.909		155.163	
WBS 2b diga Nord in massi naturali [cunetta a quota var. min - 12 m s.l.m.m.]		60.782		60.505	
WBS 4a - argine colmata ingresso [cunetta a quota -11 m s.l.m.m.]		48.536		131.774	
WBS 4b - argine colmata ibacino interno [cunetta a quota var. min.- 9,5 m s.l.m.m.]		47.154		154.433	
WBS 6 - nuova diga Meloria [cunetta a quota variabile]		51.125		232.014	
subtotale volumi in classe "A,B,C e D**"			345.606	899.735	
WBS 2a diga Nord in massi artificiali [spessore scavo 1 m]		classe D	13.818,05	13.818	
WBS 2b diga Nord in massi naturali [spessore scavo 1,8 m]			27.100,07	37.336	
WBS 6 - nuova diga Meloria [spessore scavo 1 m]			24.183,07	24.183,07	
subtotale volumi in classe "D"			65.101	75.337	
<b>TOTALE VOLUMI DA DRAGARE IN CLASSE DI QUALITÀ "A,B,C e D**"</b>				<b>15.364.087</b>	
<b>TOTALE VOLUMI DA DRAGARE IN CLASSE DI QUALITÀ "D"</b>				<b>363.662</b>	
<b>TOTALE COMPLESSIVO VOLUMI DA DRAGARE</b>				<b>15.727.749</b>	
<i>Nota 1) nei volumi di dragaggio delle aree di accesso e dei bacini interni e' ricompreso un franco di sicurezza e di manutenzione/ overredring medio di 30 cm.</i>					

Figura 1-3 Tabella di sintesi delle volumetrie di dragaggio correlato ai settori di escavo

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 10
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

In relazione alla formazione della cunetta d'imbasamento dell'argine iniziale interno della nuova colmata Nord (WBS 4b-3), nel PE si prevede che in corso d'opera sia realizzato un tratto di rilevato di prova strumentato, nell'ambito delle opere provvisorie, per definire i tempi medi di consolidazione in assenza di escavo e la percentuale "d'ingozzamento" dei materiali di cava, per valutare la reale necessità di far precedere l'avanzamento da terra del rilevato dall'escavo subacqueo della cunetta.

In caso di risultati geotecnici confortanti, la volumetria di escavo non effettuato potrà essere eseguito nell'area antistante dello specchio acqueo per garantire un maggior franco di sicurezza alla navigazione e di manutenzione di circa 30/40 cm.

**Prima di esaminare gli elementi progettuali esecutivi delle fasi di dragaggio si riepilogano di seguito i principali aspetti amministrativi ed approvativi correlati a tale attività.**

L'intervento "Realizzazione delle Opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa" è stato inserito nel Piano triennale 2021-2023 e nell'Elenco annuale 2021 dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, in seguito AdSP MTS, approvato con Delibera del Comitato di Gestione n. 45 del 26 novembre 2020.

La "progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa", compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale, è stata aggiudicata al Raggruppamento Temporaneo di Professionisti (RTP) costituito tra "F&M Ingegneria S.p.A." (mandataria), "Haskoning-DHV Nederland B.V.", "Hs Marine S.r.l." e "G & T S.r.l.", a seguito di procedura ad evidenza pubblica con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, ai sensi dell'art. 95 c. 6 del d.lgs. n. 50 del 2016, con Provvedimento del Presidente dell'AdSP MTS n.265 del 17 ottobre 2018;

In particolare, i livelli di progettazione affidati al RTP sono stati la progettazione preliminare (PFTE-Progetto di Fattibilità Tecnico Economica) e definitiva ai sensi del d.lgs. 50/2016 e del D.P.R 207/2010 e s.m.i.. Il PFTE è stato approvato dalla AdSP con provvedimento presidenziale n.32 del 17.03.2020.

Successivamente, è stato sviluppato il cosiddetto "Progetto Definitivo Semplificato" (PDS), redatto su richiesta della AdSP nelle more del completamento delle procedure di de-perimetrazione del S.I.N. e caratterizzazione dei sedimenti in base alla normativa vigente.

Le attività progettuali dipendenti dagli esiti di caratterizzazioni, indagini e rilievi finalizzati alle operazioni di movimentazione dei sedimenti non sono state sviluppate a livello di progetto definitivo nel PDS. Tra le finalità del PDS vi è stata anche quella di poter dare effettivo avvio alla procedura di gara tesa ad individuare il futuro soggetto contraente deputato alla redazione della progettazione esecutiva e alla realizzazione vera e propria delle "opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella prima fase di attuazione della Piattaforma Europa".

L'individuazione di detto soggetto contraente avrebbe permesso di ottenere una maggiore definizione delle lavorazioni e delle procedure che effettivamente saranno poste in essere in fase di costruzione, garantendo una maggiore accuratezza nella valutazione degli impatti e nell'ottimizzazione dei processi in funzione della minimizzazione degli impatti stessi.

Ai sensi dell'art. 21 del d.lgs. 152/06, in data 04/09/2020 è stata attivata la procedura ex "scoping", con la redazione dello Studio Preliminare Ambientale e del Piano di Lavoro, allo scopo di definire le tematiche ed il livello di dettaglio dello Studio di Impatto Ambientale (SIA), nonché individuare gli eventuali approfondimenti in base ad eventuali richieste degli Enti coinvolti nel procedimento ambientale. Il quadro progettuale presentato per la procedura di "scoping" era riferito al progetto preliminare (PFTE) integrato con la descrizione del nuovo layout del progetto che era in corso di redazione nel momento della stesura della documentazione (luglio 2020).

Riguardo alle attività di dragaggio il progetto sottoposto alla procedura di "scoping" prevedeva "un volume complessivo di scavo di circa 15.5 milioni di metri cubi, di cui 1.2 relativi allo scavo di imbasamento delle opere foranee e 0.4 all'overdredging" e che "circa il 10% dei sedimenti verranno prodotti mediante dragaggio

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 11
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

*meccanico a benna per lo scavo di fondazione delle opere foranee, mentre il 90% dei sedimenti saranno prodotti mediante dragaggio idraulico e meccanico per abbassare il fondale in corrispondenza del canale di accesso e dei bacini interni, interessando profondità variabili comprese tra 3 e 11 m dal fondale e intercettando le sabbie, anche calcarenitiche, le ghiaie e i livelli superficiali degli strati limo-sabbiosi e argillosi". Nel progetto "le simulazioni (della diffusione della torbidità) sono state eseguite considerando delle caratteristiche tipiche dei mezzi impiegati, in numero, dimensioni e capacità produttiva coerente con le lavorazioni da effettuare e con il cronoprogramma previsto dei lavori. Per ciascuno scenario, sono state individuate le lavorazioni più critiche in termini di tipologia e punto di lavoro; i parametri di input impiegati per lo studio dei diversi scenari determinati in linea con quanto riportato nelle Linee guida 169/2017 dell'ISPRA.*

*Il modello idrodinamico, forzato con opportune condizioni al contorno, è stato utilizzato per la ricostruzione dei campi di corrente associati ai diversi scenari considerati. Gli scenari critici sono quindi individuati abbinando le lavorazioni potenzialmente più impattanti ai campi di corrente ritenuti più sfavorevoli per propagare il plume in direzione dei bersagli sensibili. Sono stati individuati quattro scenari critici, di seguito descritti:*

- a) Scavo con benna degli imbasamenti delle opere foranee e vento di Grecale.*
- b) Dragaggio del canale di ingresso con draga CSD e vento di Grecale.*
- c) Dragaggio del canale di ingresso con draga CSD e corrente verso Sud."*

*Infine, per il controllo della torbidità è prevista l'attivazione di un "piano di monitoraggio in corso d'opera e saranno definite le azioni mitigative, secondo soglie di attenzione e/o di allarme".*

Sulla base del parere tecnico positivo della sottocommissione VIA n. 130 in data 11 dicembre 2020, la procedura ex "scoping" (codice procedura 5515) si è conclusa positivamente con condizioni con l'emissione della Determinazione Direttoriale "MATTM\_2021-000028 del 04/01/2021".

Nelle condizioni riportate si precisava che "l'analisi degli impatti dovrà essere realizzata anche attraverso l'impiego di modelli numerici idrodinamici e morfodinamici di scenario, in relazione agli esiti delle indagini/studi delle correnti e del regime del moto ondoso locale, per stabilire la dispersione e deposizione del materiale dragato e i fenomeni di torbidità nell'area di transizione e definire le opportune misure di mitigazione".

Con il Decreto MATTM R.133 del 10.08.2021 l'area marina antistante il porto di Livorno è stata esclusa dal sito di bonifica di interesse nazionale di Livorno a cui è seguito il Decreto del MITE del 17 novembre 2021 "Ridefinizione del perimetro del sito di bonifica di interesse nazionale di Livorno" in gazzetta GURI il 21.12.2021.

Con D.P.C.M. 16 aprile 2021, in attuazione del comma 1 dell'art. 4 del decreto-legge 18 aprile 2019, n. 32, convertito con legge 14 giugno 2019, n. 55, ha annoverato tra gli "interventi infrastrutturali" prioritari da esso disciplinati la Darsena Europa presso il Porto di Livorno ed ha nominato, quale Commissario straordinario, il Dott. Luciano Guerrieri, già Presidente dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, giusta nomina effettuata con Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 88 in data 4 marzo 2021.

La redazione del Progetto Definitivo (approvato con Provvedimento Presidenziale n.4 del 30/09/2021) a partire dalla soluzione progettuale individuata nel PFTE, è stata aggiornata sulla base delle valutazioni, supportate anche da simulazioni di manovra di tipo "real time". È stata anche valutata la compatibilità del layout di progetto con le più recenti tendenze evolutive del naviglio (portacontainer e ro-ro). In esito a tali valutazioni e al confronto con la Capitaneria di Porto, è emersa la necessità di una rimodulazione degli spazi di manovra, con ampliamento delle aree dragate e conseguente ampliamento dello spazio occupato dalla colmata che deve accogliere il materiale scavato.

Con bando pubblicato sulla G.U.U.E S193 il 05/10/2021 n. 501347-2021-IT e sulla G.U.R.I. 5a Serie Speciale - Contratti pubblici n. 116 del 06/10/2021, veniva indetta la gara ad evidenza pubblica mediante

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 12
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

procedura aperta di appalto integrato per l'affidamento della *“progettazione esecutiva ed esecuzione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa”* per un importo complessivo a base d'asta pari ad euro 393.275.678,38 di cui euro 385.365.276,23 per i lavori, euro 6.186.433,78 per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso ed euro 1.723.968,37 per la progettazione esecutiva. La copertura economica dell'intero intervento è stata garantita attraverso le seguenti forme di finanziamento: Regione Toscana: euro 200 milioni di cui all'art. 34 della Legge Regionale n. 86/2014; MIMS: euro 200 milioni di cui al Decreto ministeriale n. 353/2020; CIPE: euro 50 milioni di cui alla Delibera 5/2016.

Con Provvedimento del Sub Commissario straordinario n.3 del 30/12/2021 è stata disposta, ai sensi dell'art.32 comma 7 del d. lgs. n. 50/2016, l'aggiudicazione in via definitiva del suddetto appalto integrato in favore del Raggruppamento Temporaneo di Imprese (RTI) tra *“Società Italiana Dragaggi S.p.A.- SIDRA”* (mandataria), *“Fincantieri Infrastructure Opere Marittime S.p.A. – FIOM”*, *“Sales S.p.A.”* e *“Fincosit S.r.l.”* (mandanti), che ha designato, già in sede di presentazione dell'offerta, quale soggetto deputato alla redazione della progettazione esecutiva il Raggruppamento Temporaneo di Professionisti (RTP) tra *“TECHNITAL S.p.A.”* (mandataria), *“MODIMAR PROJECT S.r.l.”* ed *“E&G S.r.l.”* (mandanti);

In data 23.03.2022 è stato sottoscritto il contratto di appalto Rep.n.01/2022, stipulato in forma pubblico-amministrativa, relativo all'appalto di *“progettazione esecutiva ed esecuzione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa”* [Codice identificativo della gara (CIG) 891900970F e Codice Unico di Progetto (C.U.P.) B41H15000170005].

Con il Provvedimento del Commissario Straordinario n. 6/2022 del 28/6/2022 sono stati adottati gli elaborati relativi all' Adegumento Tecnico Funzionale (ATF) per far fronte al fenomeno del gigantismo navale. L'ATF prevede la progettazione delle testate delle opere foranee della Piattaforma Europa e della banchina del terminal con una quota dei fondali di progetto -20.00 m s.l.m.m. Con delibera n. 36 del 29/06/2022, il Comitato di gestione dell'AdSP del Mar Tirreno Settentrionale ha adottato la modifica non sostanziale di ATF del vigente Piano regolatore portuale per il porto di Livorno. In data 06/07/2022 l'ATF è stata consegnata al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (prot.42352) per l'espressione del parere di competenza.

Con il Provvedimento Commissariale n.12/2022 (del 31/10/2022) il Commissario Straordinario ha approvato la nuova prima fase della Piattaforma Europa che risulta conforme al presente progetto.

A seguito:

- della nuova configurazione definita della ATF del PRP;
- degli esiti della caratterizzazione ambientale ai sensi del D.M. 173/2016 (conclusasi nel 2022) sulla superficie marina interessata dai dragaggi della Piattaforma Europa, che hanno rilevato che lo strato superficiale sabbioso, che nelle previsioni avrebbe potuto essere riutilizzato per l'esecuzione dei suddetti interventi di ripascimento sommerso, è caratterizzato da una buona classe di qualità ambientale ma variabile tra le classi A,B e C e da una presenza di resti vegetali in matrice anche all'interno della classe ambientale A e da una componente pelitica del sedimento, spesso superiore al 50%, che ne pregiudicano l'utilizzo a tale scopo;
- delle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione causa delle quali si è reso necessario procedere con l'asportazione dello strato superficiale - non previsto nel bilancio dei sedimenti eseguito in sede di redazione del PRP - ed alla sostituzione dello stesso con materiale di cava;
- delle attività relative ai dragaggi di manutenzione dei fondali del porto che in alcune zone (v. darsena Toscana, canale di accesso, aree di evoluzione) è interessato da fenomeni di particolare interrimento generando un ulteriore sbilancio tra i volumi di scavo e quelli di riporto;

il progetto definitivo è stato oggetto di un aggiornamento in ottemperanza all'ATF, che costituisce la revisione del quadro progettuale dell'opera, basato nel reflimento dei sedimenti di dragaggio dei fondali del porto di Livorno interamente all'interno della vasca di colmata, che è stata pertanto ampliata.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> <p style="text-align: center;"><b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Relazione tecnica</b></p>	<p style="text-align: center;">DATA</p> <p style="text-align: center;">Aprile 24</p>	<p style="text-align: center;">REV.</p> <p style="text-align: center;">C0</p>	<p style="text-align: center;">PAGINA</p> <p style="text-align: center;">13</p>
	<p>CODICE ELABORATO:</p> <p style="text-align: center;">1233-PE-0-0-CAN-R-010-0</p>			

All'interno del progetto, e nell'iter autorizzativo della procedura di VIA, è previsto e valutato in termini di potenziali impatti anche un impianto mobile di frantumazione e vagliatura autorizzato ai sensi dell'art. 208, comma 15 del D. Lgs. n. 152/2006 da utilizzare in fase di cantiere. Ai sensi del D. Lgs. n. 152/06, infatti, l'impianto mobile rientra nell'ambito di applicazione della Verifica di Assoggettabilità a VIA, in quanto rientrante nella categoria 7) – lettere z.b) dell'Allegato IV del D. Lgs. n. 152/2006.

A seguito del parere positivo con condizioni ambientali n. 526 dell'11 dicembre 2023 della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS, con Decreto Interministeriale m\_amte.MASE.VA n. 81 in data 11.03.2024, è stato *“espresso giudizio positivo sulla compatibilità ambientale del progetto “Prima fase di attuazione Piattaforma Europa”, comprensivo della valutazione d'incidenza e della verifica del Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo presentato ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120, subordinato al rispetto delle condizioni ambientali di cui agli articoli 2, 3, 4 e 5”*.

Come riportato all'art.6 del succitato Decreto, il Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica – Direzione Generale Valutazioni Ambientali, in qualità di autorità competente, ai sensi dell'articolo 28, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, verifica l'ottemperanza alle condizioni ambientali di cui agli articoli 2, 4 e 5, e, in collaborazione con il Ministero della cultura, verifica l'ottemperanza alle condizioni ambientali di cui all'articolo 3.

**I sedimenti da dragare sono caratterizzati da una successione stratigrafica molto articolata e discontinua in termini sia di estensione areale che di potenza degli spessori, nonché variabile per compattezza degli strati (presenza di continue intercalazioni di strati di limi argillosi, di strati rocciosi caratterizzati da calcareniti stratificate e di materiali sciolti (limi/sabbie).**

**In particolare, la litologia del fondale è costituita dalla presenza variegata di limi argillosi, limi sabbiosi con resti di posidonia, di sabbie/sabbie limose, di ghiaie/ghiaie limose e di calcarenite localmente cementata [cd “*panchina*”].**

Tale eterogeneità stratigrafica ha determinato la necessità di effettuare numerose e dettagliate indagini geologico-geotecniche. Al fine di individuare i parametri del terreno dell'area d'interesse si è reso necessario eseguire estensive campagne di indagini.

Sulla base di tali indagini, ed a seguito di un'analisi critica di tutti i dati rilevati e delle elaborazioni eseguite è stato sviluppato il *“modello geotecnico complessivo”* di riferimento dell'intera area di progetto.

Per rappresentare l'eterogeneità stratigrafica degli strati da dragare si riportano alcune sezioni geologiche elaborate nell'ambito del PD a seguito delle indagini integrative del 2022.



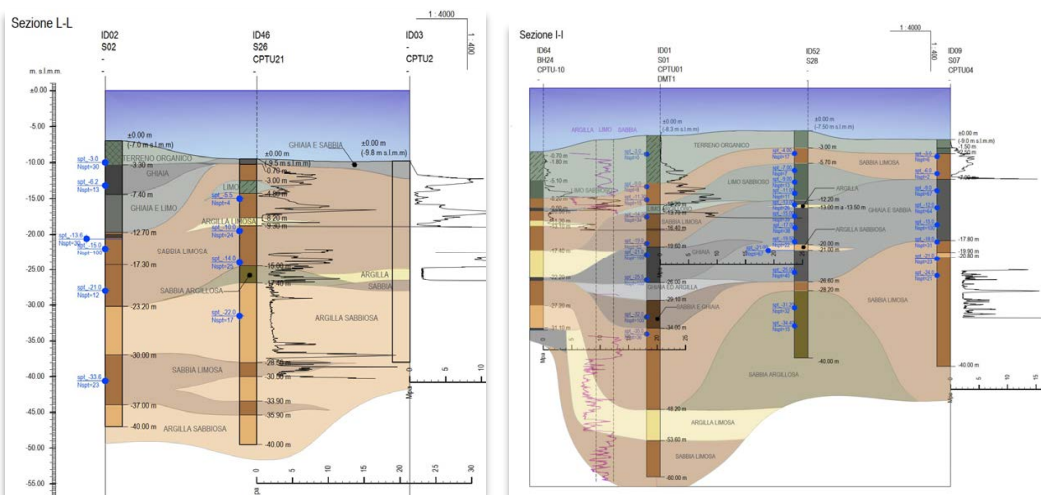
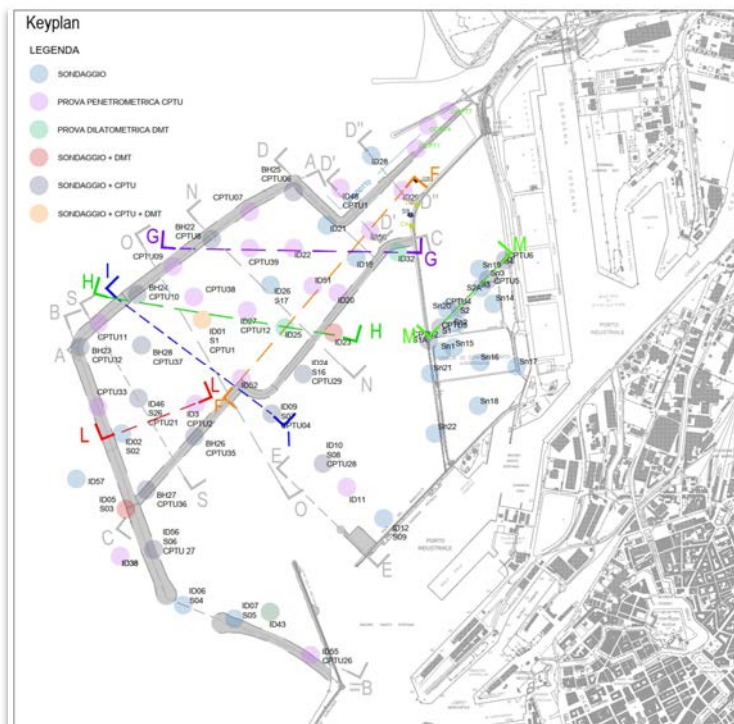


Figura 1-4 – estratto delle campagne geognostiche eseguite e delle sezioni geologiche di PD [sezioni L-L ed I-I]

Al contempo l'Autorità di Sistema ha provveduto ad eseguire una dettagliata campagna di caratterizzazione ambientale delle aree oggetto di dragaggio, conformemente a quanto stabilito dall'allegato tecnico al D.M. Ambiente n.173 del 15 Luglio 2016 (decreto di attuazione dell'art. 109 c. 2 del D.Lgs. 152/2006) e del Manuale per la movimentazione di sedimenti marini di ISPRA 2007.

Tra il 2021 e il 2022 sono state completate le indagini di caratterizzazione ambientale dei sedimenti finalizzate alla gestione dei sedimenti che saranno scavati per le opere foranee e per i dragaggi previsti nel presente progetto.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 15
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Una raccolta completa dei risultati delle indagini eseguite è riportata nell'elaborato "1233\_PD-C-011 'Studio di Impatto Ambientale - Allegato 1 'Relazione generale descrittiva relativa alle indagini conoscitive'".

Complessivamente sono state eseguite le seguenti indagini:

- n. 87 sondaggi in corrispondenza delle opere di imbasamento delle opere foranee e delle aree di dragaggio;
- n. 27 sondaggi realizzati con vibrocorer in corrispondenza dell'area di colmata oltre n. 3 prelievi eseguiti con Benna Van Veen.

I sondaggi sono stati approfonditi fino alla massima profondità di 6 m dal fondale per l'individuazione del substrato geologico naturale o, in alcuni casi, sino alla massima profondità previste dagli escavi per gli imbasamenti dei rilevati delle opere foranee.

Per "tetto del substrato geologico naturale costitutivo dell'area" s'intende il limite superiore del primo orizzonte geologico per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica.

Nello specifico, l'individuazione del tetto del substrato geologico naturale costitutivo dell'area è stata determinata sulla base di un criterio stratigrafico e di un criterio di età del deposito. Ne consegue che le indagini ambientali di caratterizzazione realizzate fino alla profondità 6 m dal fondale sono ampiamente rappresentative ed esaustive dello stato ambientale degli strati superficiali, in grado di discriminare/individuare eventuali potenziali contaminazioni ivi presenti.

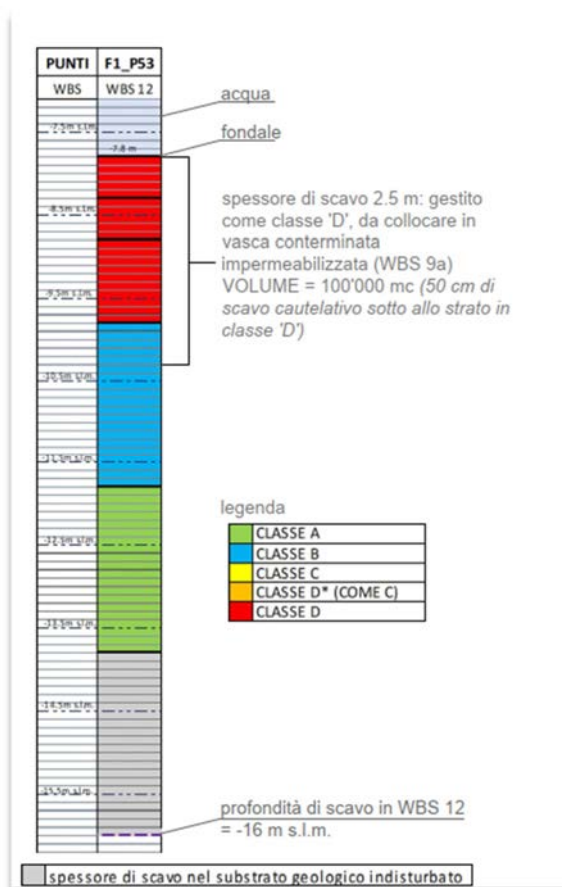


Figura 1-5 Esempio colonna stratigrafica per classi di gestione ex DM 173/2016

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	16

Le risultanze delle analisi fisico-chimiche ed ecotossicologiche sono state elaborate applicando i criteri d'integrazione ponderata di cui alle "Appendici 2B e 2C dell'Allegato tecnico al D.M. n. 173/2016".

Nello specifico, le elaborazioni sono state effettuate mediante l'applicazione del tool "Sediqualssoft 109.0®" reso disponibile da ISPRA. L'attribuzione della classe di qualità ai sedimenti esaminati scaturisce dall'integrazione della classificazione ecotossicologica e chimica, ottenuta attraverso l'applicazione dei criteri d'integrazione ponderata. Di seguito si riportano la classificazione del pericolo ecotossicologico, la classificazione del pericolo chimico e la classificazione integrata risultante.

Nell'area di escavo/dragaggio, considerando i 390 campioni prelevati dalle aree di scavo e dragaggio sottoposti alle analisi eco-tossicologiche si è rilevato che:

- in nessun caso il pericolo ecotossicologico risulta "alto";
- il 22% dei casi è 'medio';
- la percentuale prevalente del 72% il pericolo risulta 'assente' e per la restante parte dei campioni 6% appartengono alla classe di pericolo "basso".

Anche per i n. 30 campioni prelevati nell'area di colmata, corrispondenti ai campioni rappresentativi dello strato 0-50 cm, prevalgono i campioni con pericolo "assente".

Applicando il modulo "classificazione chimica" del tool "Sediqualssoft109.0®" è stato possibile ottenere la classificazione del pericolo chimico quantificato con il calcolo dell'indice di pericolo chimico (HQc).

Nello studio dei dati in oggetto si osserva che:

- una minima parte dei campioni (4%) hanno per L1 un HQc basso e medio;
- nella maggior parte dei campioni si ha per L2 un HQc compreso tra trascurabile (44%) e Basso (19%);
- per circa il 9% dei campioni si ha per L2 un HQc compreso tra 'medio' e 'alto'.

Nei campioni con HQc (L2) 'medio' e 'alto' la contaminazione è di tipo organico (prevalentemente IPA) e sono presenti alcuni metalli (Arsenico, Nichel, Cadmio, Piombo e Zinco).

In sintesi, la distribuzione delle classi di gestione considerando la totalità dei campioni analizzati è la seguente, con il 45% di sedimenti in classe A e solo il 3% in classe D:

A	45%
B	21%
C	24%
D*	7%
D	3%
100%	

Figura 1-6 – Distribuzione statistica delle classi di gestione dei sedimenti in funzione dei livelli di campionamento.

Pertanto, i risultati della campagna di caratterizzazione ambientale che ha interessato la superficie marina interessata dai dragaggi della Piattaforma Europa eseguita ai sensi del D.M. 173/2016, hanno evidenziato come lo strato superficiale sabbioso, che nelle iniziali previsioni del PDS del 2021 avrebbe potuto essere riutilizzato per l'esecuzione di interventi di "ripascimento sommerso", sia caratterizzato da una buona classe di qualità ambientale ma variabile tra le classi A, B e C, da una presenza di resti vegetali in matrice anche all'interno della classe ambientale A e da una componente pelitica del sedimento, spesso superiore al 50%, che ne pregiudicano l'utilizzo a tale scopo.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 17
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Per trovare collocazione ai sedimenti dragati in ambiente conterminato in ambito portuale si è reso necessario predisporre un Adeguamento tecnico funzionale del Piano Regolatore Portuale (ATF), il quale ha previsto un significativo ampliamento dei piazzali portuali, e conseguentemente dei volumi di colmata, con spostamento verso Nord della nuova “Diga Nord”. Le opere previste dal PDS sono state oggetto di una serie di modifiche come conseguenza diretta e indiretta della modifica del layout e delle modalità di gestione dei sedimenti emerse alla luce della nuova caratterizzazione.

Alla luce di quanto sopra, nel mese di novembre 2022, è stata eseguita un’ulteriore campagna di indagini volta a definire il quadro conoscitivo sia geotecnico che ambientale nei punti di nuova posizione delle WBS 2A, 2B e della nuova configurazione delle WBS 3 e 4a, nonché della nuova impronta delle opere di colmata.

**In definitiva, la caratterizzazione ambientale dei sedimenti sciolti superficiali ha discriminato una volumetria di sedimenti in classe di “qualità D” per un quantitativo di 363.662 m<sup>3</sup> [pari a solo circa il 2,3% del volume complessivo da dragare] individuati e localizzati in n. 7 celle interessate dall’escavo subacqueo, delle quali:**

- **n. 3 all’interno dei settori di “capital dredging”** [denominate “F1\_P53 e F1\_P129” (nell’ambito della WBS 12 prospiciente la WBS5) ed “F1\_P42” (nell’ambito della WBS 13 sul lato ovest della diga della Meloria)];
- **n. 4 nell’area d’imbasamento delle opere foranee** [denominate “F1\_P152, F1\_P155 e F1\_P158” (lungo le WBS2b e WBS2a relativo all’imbasamento della diga nord) ed “F1\_P102” (nell’ambito della WBS 6, sul lato ovest della diga della Meloria)], come meglio riportato nella tabella e planimetria seguente.

**Nel PE si prevede che i sedimenti in classe di “qualità D” saranno dragati esclusivamente meccanicamente con l’utilizzo di un “ecograb”**, in ottemperanza alle prescrizioni delle condizioni ambientali riportate nel Decreto Interministeriale di VIA [m\_amte.MASE.VA n. 81 del 11/03.2024] e relative al parere n. 526 dell’11 dicembre 2023 della Commissione Tecnica di Verifica dell’Impatto Ambientale – VIA e VAS.

**I suddetti sedimenti in classe di “qualità D”, ai sensi del D.M. 15.07.2016 n. 173), saranno collocati unicamente in “ambiente conterminato ed impermeabilizzato”. In dettaglio, come riportato nella figura seguente, i sedimenti saranno ripartiti:**

- **a completare il settore impermeabilizzato della esistente cassa di colmata a terra (volumetria disponibile 470.000 m<sup>3</sup> circa);**
- **all’interno di un settore di 110.000 m<sup>2</sup> (WBS 9a) della prevista nuova cassa di colmata, a tergo della radice della nuova diga nord di sopraflutto, all’interno di una vasca conterminata opportunamente impermeabilizzata, con una capacità totale di 1,5 milioni di m<sup>3</sup>, delimitata, sul lato mare, dalla stessa Diga Nord e, sul lato interno, da argini realizzati con sedimenti di dragaggio.**



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 18
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

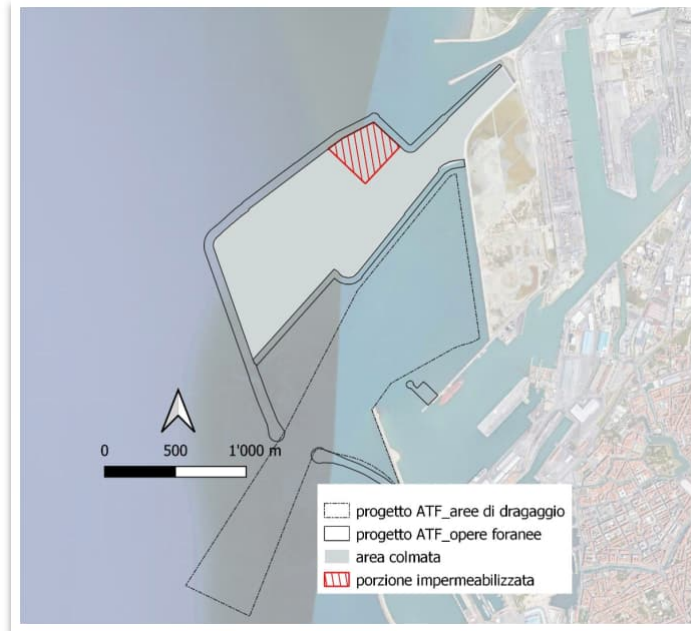


Figura 1-7 – rappresentazione del layout di progetto con indicazione dell'area conterminata (settore della nuova area di colmata Nord) dove verranno collocati i sedimenti.

Tutti gli altri sedimenti di classe di qualità “A, B, C e D\*”, dragati prevalentemente con draga idraulica tipo “CSD” nel rispetto del parere tecnico positivo della sotto-commissione VIA n. 130 in data 11 dicembre 2020, nell’ambito della procedura ex “scoping” (codice procedura 5515), saranno refluiti e riutilizzati a costituire il piazzale della Piattaforma Europa nell’ambito della colmata conterminata indicata in grigio nella precedente figura, estesa per circa 1.150.000 m<sup>2</sup>.

Riguardo alle metodologie, alle attrezzature ed alle tecniche di dragaggio nell’ambito del PE si è proceduto a definire in ogni dettaglio la metodologia esecutiva dell’intervento, introducendo ottimizzazioni e miglioramenti esecutivi, rispetto al Progetto Definitivo, definendo il “piano di dragaggio operativo”, in modo da ottemperare alle condizioni ambientali riportate nel parere positivo n. 526 dell’11 dicembre 2023 della Commissione Tecnica di Verifica dell’Impatto Ambientale – VIA e VAS, ratificato con Decreto Interministeriale m\_ante.MASE.VA n. 81 in data 11.03.2024, nel quale è stato “espresso giudizio positivo sulla compatibilità ambientale del progetto “Prima fase di attuazione Piattaforma Europa”.

**In dettaglio, si prevede di eseguire il dragaggio selettivo con due differenti metodologie:**

- **di tipo meccanico con motonave autocaricante e scaricante con stiva/coperta di carico a tenuta “GD/GHD – Grab Dredger/Hopper Dredger”, equipaggiata con escavatore a traliccio, dotato di benna “ecograb”, per la rimozione degli strati di sedimenti in classe di “qualità D”, costituiti esclusivamente da materiali sciolti (limi/sabbie con resti di *Posidonia oceanica*);**
- **di tipo idraulico con draga “CSD – Cutter Suction Dredger”, per la rimozione dei sedimenti di classe di “qualità A, B, C e D\*”, da refluire direttamente in colmata, di potenza idonea in grado di dragare nella complessa successione stratigrafica del fondale di Livorno, caratterizzato dalla presenza variegata di argille/limi argillosi, limi sabbiosi con resti di *Posidonia oceanica*, di sabbie/sabbie limose, di ghiaie/ghiaie limose e di calcareniti localmente cementata [cd “panchina”], molto articolata e discontinua in termini di estensione degli areali e di potenza degli spessori nonché variabile per compattezza. La draga “CSD”, come detto, dovrà avere una potenza al disgregatore elevata in modo da**



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 19
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

rimuovere anche gli strati compatti e rocciosi calcarenitici, che un dragaggio meccanico con draga “GD/GHD” non riesce ad eseguire ovvero con produzioni in alcun modo compatibili con il cronoprogramma del lavoro, attesa la volumetria complessiva da dragare di oltre 15,7 milioni di m<sup>3</sup>. Pertanto, l’impiego della draga “CSD” consente di eseguire una parte sostanziale dell’intervento (> il 90% pari ad oltre 14.500.000 m<sup>3</sup>) nei tempi imposti dal cronoprogramma dei lavori in quanto è garantita una produzione effettiva attesa non inferiore ai 30.000 m<sup>3</sup>/giorno.

Trattandosi di una lavorazione eseguita parzialmente all’esterno delle nuove opere foranee (WBS10), la ridotta estensione temporale della lavorazione è elemento fondamentale per la riduzione degli impatti, così come la limitata produzione di torbidità in zona di prelievo.

La tubazione di refluento sarà in parte galleggiante, per consentire il movimento della draga, ed in parte affondata o disposta a terra lungo le opere foranee; saranno previsti più punti di scarico per distribuire i sedimenti all’interno della colmata.

La draga tipo “GD/GHD” che sarà utilizzata riesce a garantire una produttività alta (circa 2.000/2.500 m<sup>3</sup> al giorno su un turno di 14 ore operative), perfettamente allineata ed ottimizzata per la gestione a terra in vasche temporanee in banchina, per il successivo carico e trasporto con mezzi terrestri nell’ambito dei due bacini impermeabilizzati di colmata. Infatti, il materiale depositato sarà ripreso da escavatori idraulici per essere caricato su camion che lo trasferiranno nei siti di destinazione.

La draga “GD/GHD” è dotata di piloni idraulici di ormeggio/disormeggio rapido automatizzati, stiva di carico ed escavatore a funi di nuova generazione da 100 ton ed è equipaggiata con grappi idraulici con capacità di carico maggiore di 4,0 m<sup>3</sup>. Tutte le operazioni di dragaggio sono coadiuvate con un sistema di controllo integrato della posizione della nave e dell’attrezzatura dragante in DGPS satellitare in modo tale da garantire l’accuratezza selettiva dello scavo.

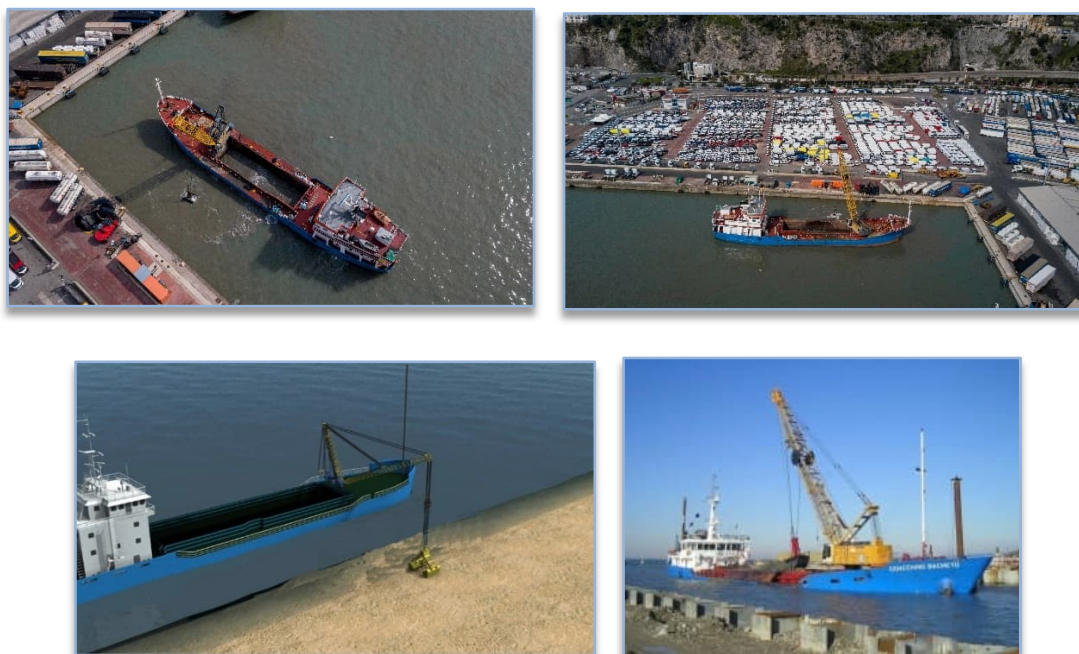


Figura 1-8 – Draghe semoventi autocaricanti/scaricanti a pozzo tipo “Grab Hopper Dredger GHD” in fase operativa

Il materiale dragato meccanicamente con benna e stivato nel mezzo marittimo sarà scaricato all’interno delle vasche provvisorie intermedie già presenti lungo il canale di accesso alla Darsena Toscana ovvero

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 20
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

appositamente realizzate nell'ambito delle aree di cantiere e nella parte interna della radice della nuova diga Nord, dove sarà allestito anche lo scarico dei materiali lapidei trasportati con mezzi marittimi.

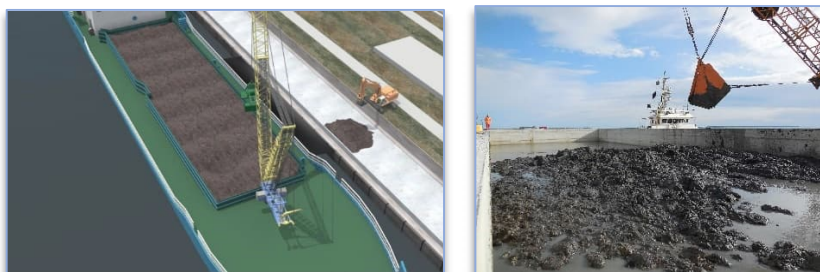


Figura 1-9 – Schema di scarico dei materiali di dragaggio con “GD/GHD- Grab Hopper Dredger” nelle vasche di accumulo intermedie

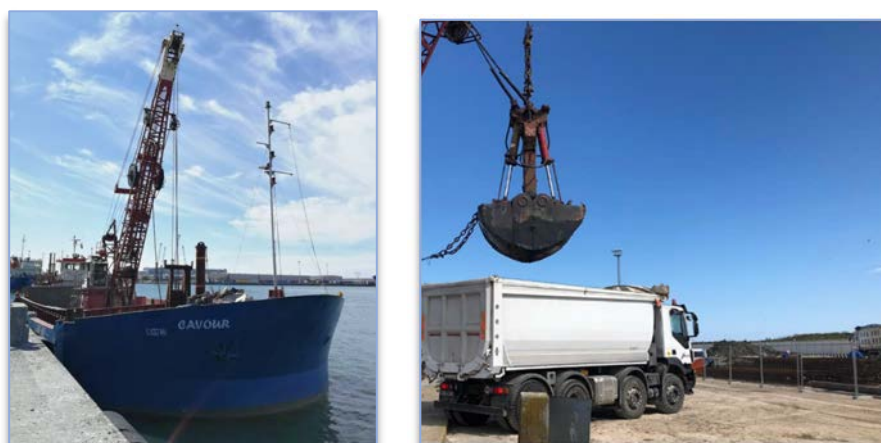


Figura 1-10 – trasporto dei sedimenti dragati in classe di qualità D con “GH/GHD – Grab Hopper Dredger” dalle vasche di accumulo intermedie previste in fase esecutiva ai bacini impermeabilizzati.

Al contempo, per il principio della **“massima cautela ambientale”**, richiesto in tali situazioni e per assicurare in corso d’opera il pieno rispetto delle previsioni progettuali di rimuovere interamente il materiale in **“classe D”**, in considerazione dell’adiacenza degli strati a diverso livello di contaminazione, si prevede di rimuovere, con il medesimo sistema di dragaggio ambientale meccanico, altamente selettivo, anche tutti gli strati adiacenti, complanari e/o interclusi (sovrastanti e sottostanti per uno spessore fino a 0,3 m), in **“classe A, B, C e D\*”**.

Tale procedura consente di avere l’assoluta certezza di aver discriminato l’intero quantitativo indicato nel progetto da collocare in colmata nelle vasche conterminata ed impermeabilizzate.

Per quanto relativo al dragaggio dei sedimenti in classe A,B,C,D\* sarà operato un **dragaggio idraulico selettivo con draga aspirante e refluyente a disgregatore “CSD – cutter suction dredger”**, dotata una potente pompa con bocca di aspirazione posta a tergo ed ridosso del disgregatore, in grado di captare il materiale disgregato/tagliato, costituito da una miscela di sedimento ed acqua.

Nella seguente figura si riporta la documentazione fotografica della tipologia di mezzi marittimi effossori individuati per il dragaggio selettivo di tipo idraulico.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospensibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 21
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

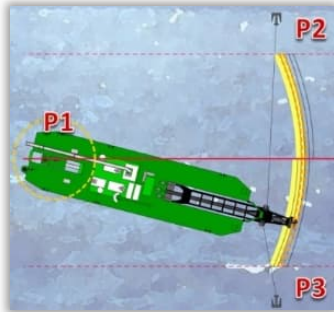


Figura 1-11 – principio di funzionamento operativo del brandeggio di una draga “CSD” ed alcuni esempi dell’impiego del convoglio effossorio semovente con rimorchiatore di assistenza nel porto di Livorno

La “CSD” opera per tagli complanari per strati successivi riducendo e limitando al minimo l’*overdredging*. Con tale tecnologia si ottiene una precisione nel dragaggio “decimetrica” tale da garantire una tolleranza verticale inferiore a 15 cm. Il sistema automatizzato di controllo dell’elinda consente di rimuovere il materiale anche seguendo il profilo di progetto delle scarpate e realizzando pertanto un’accurata pendenza.

Si evidenzia che le draghe “CSD” sono attrezzate ed equipaggiate con tutte le tecnologie di posizionamento di ultima generazione. La draga “CSD” dispone di un sistema automatizzato di bordo, chiamato “SCADA”, che monitora costantemente tutti i parametri del mezzo e della miscela aspirata, garantendo in ciascun istante l’ottimizzazione del processo di escavo, oltre che la massima precisione nel profilo di dragaggio.

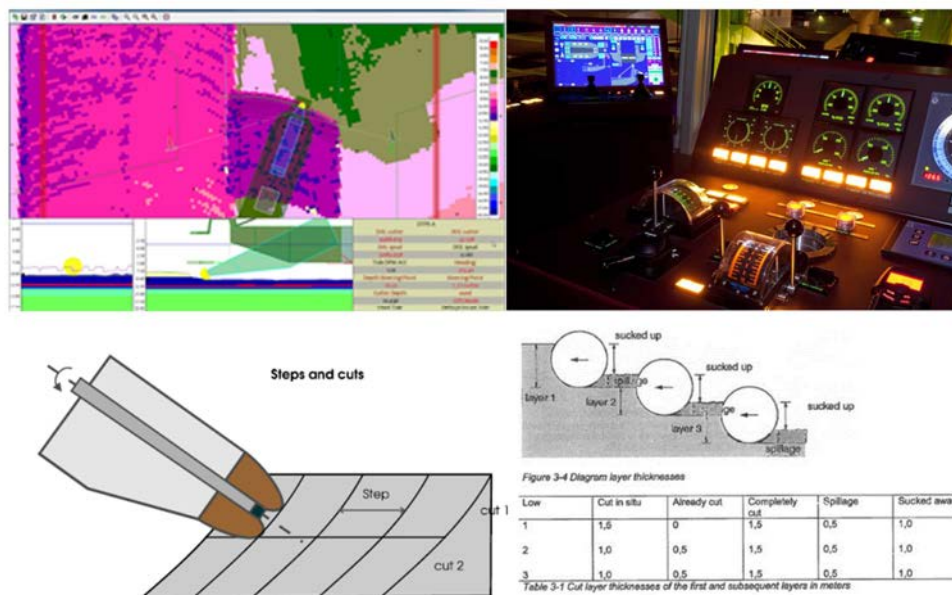


Figura 1-12 – consolle di controllo “sistema SCADA” e schematizzazione dragaggio layer sottili con draga CSD.

In particolare, dapprima si disgrega il sedimento da rimuovere mediante una testa fresante a rotazione, il materiale viene, quindi, aspirato in una tubazione DN 600/900 (in parte galleggiante), mediante una pompa centrifuga, e trasportato idraulicamente sino alla vasca di refluitamento.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 22
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Il sistema di dragaggio impiegato, così dimensionato, risponde a specifici requisiti finalizzati alla minimizzazione degli impatti sull'ambiente circostante con la prevenzione della perdita di materiale ("spill"), dell'incremento di torbidità e della dispersione delle sostanze rimosse.

**Il mezzo impiegato consente, ottimizzando la combinazione di portata della pompa e velocità di rotazione del disgregatore in funzione delle caratteristiche del sedimento "in situ", di convogliare tutto il materiale rimosso all'interno della condotta di refluimento, minimizzando la migrazione dei fini in sospensione nell'ambiente marino circostante.**

**In particolare, il taglio dei materiali nelle formazioni litologiche compatte (strati in calcarenite "cd. Panchina" ed argillosi) determina una diffusione limitatissima nella colonna d'acqua al contorno della testa dragante, in quanto il materiale "disgaggiato e scagliettato" in elementi grossolani è "trascinato" e "convogliato" interamente nella bocca di aspirazione.**

Altresì, anche operando negli strati di sedimenti sciolti, la "nuvola di torbidità" risulta limitata esclusivamente sullo strato profondo a contatto con il fondale ed avrà un'estensione planimetrica non superiore a 20-30 m, in relazione alle caratteristiche granulometrica del materiale intercettato (diffusione decrescente dai limi con materiali organici a sabbie).

Si evidenzia che comunque la torbidità è sempre limitata nello strato profondo a contatto con il fondale per uno spessore di colonna d'acqua interessato di circa 5 m, con tempi di deposito al contorno limitati e non intercettati dalle correnti superficiali prevalentemente legate all'azione del moto ondoso, che potrebbero maggiormente espandere la diffusione della torbidità.

Al riguardo, si riporta una rappresentazione grafica della turbolenza generata localmente del disgregatore in relazione alle caratteristiche geotecniche dei sedimenti e della fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga, sulla base dello studio della potenziale diffusione della torbidità che si prevede al momento della rimozione dei sedimenti sciolti con un dragaggio idraulico selettivo con "CSD".

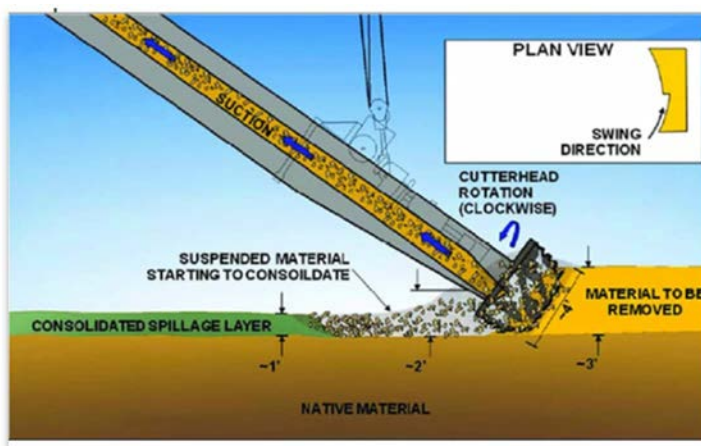
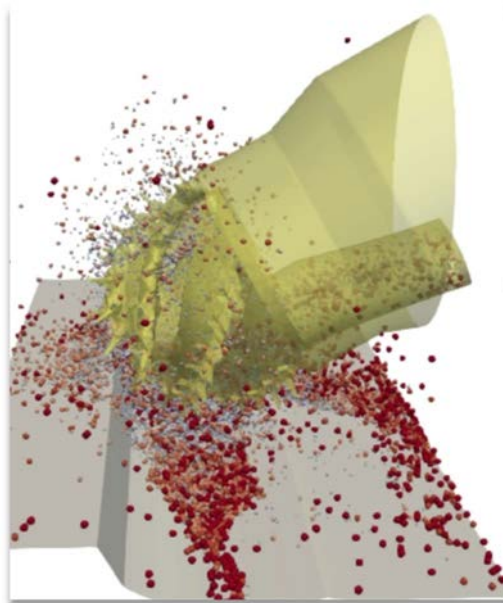


Figura 1-13 – rappresentazione schematica della turbolenza generata localmente del disgregatore e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 23
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			



*Figura 1-14 – rappresentazione grafica da simulazione numerica della turbolenza generata localmente del disgregatore in relazione alle caratteristiche geotecniche dei sedimenti e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga.*

Con riferimento allo Studio della risospensione dei sedimenti durante i dragaggi, considerato che, come esposto, la tecnica di dragaggio con la draga idraulica di tipo “CSD” genera una torbidità “non trascurabile” al fondo attorno al punto di prelievo (negli strati più profondi e meno mobili della colonna d’acqua) a causa dell’azione meccanica della testa disgregante operata dalla rotazione delle frese, quando attraversa stratificazioni di sedimenti sciolti non compatti (limi), si prevede d’implementare il piano di monitoraggio durante le fasi di dragaggio con “CSD”, **quando si opera in strati litografici sedimentari di recente deposizione.**

**Come noto, la valutazione degli effetti deve necessariamente considerare diversi aspetti delle perturbazioni ambientali apportate, non solo in termini di intensità, ma anche di durata e frequenza degli eventi eccedenti i livelli soglia definiti sul presupposto scientifico che “basse durate di effetti da moderati ad intensi, infatti, non producono effetti significativi”.** Atteso che la torbidità genera effetti sui processi di fotosintesi delle fanerogame e, di conseguenza, risulta il parametro principale da considerare, come evidenziato in Erftemeijer, P.L.A. and Lewis, R.R. (2006), la soglia critica di luminosità al fondo per la “*Posidonia oceanica*” e per la “*Cymodocea nodosa*” è intorno al10%.

**Pertanto, a verifica e conforto delle ipotesi dei tempi di sedimentazione dei materiali “sito-specifici”, con i risultati del modello di simulazione della diffusione della torbidità nella colonna d’acqua dei sedimenti risospesi individuato e della correttezza delle procedure operative esecutive, si prevede d’implementare il piano di monitoraggio durante le fasi di dragaggio con “CSD”, effettuando misure di torbidità, in stazioni sia fisse che mobili disposte a 50/60 m oltre i limiti dell’area di dragaggio ed adiacenti al singolo settore operativo, per ogni giorno operativo del dragaggio idraulico con cadenza periodica ogni 24 ore, lungo almeno due profili a NW ed a SE delle successive aree di lavoro, con misure della torbidità a quota –2,0 e –5,0 m.s.l.m.m..**

Al riguardo, in relazione ai tempi di sedimentazione dei materiali sito-specifici, ai risultati del modello di simulazione del trasporto nella colonna d’acqua dei sedimenti risospesi relativo ai pennacchi di torbidità indotti dal dragaggio, atto a fornire indicazioni su tempi e modalità di trasporto delle particelle all’intorno del disgregatore ed alla presenza di potenziali target ambientali sensibili (bioindicatori) a NW del canale scolmatore,



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 24
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

ed in prossimità delle secche della Meloria, **si valuta di adottare una “soglia di attenzione” di torbidità (in corso d’opera) molto precauzionale (atteso la vicinanza dalla fonte di torbidità) nelle stazioni di monitoraggio mobili integrative predisposte al contorno dell’areale di dragaggio pari a 60 NTU.**

Qualora si accertati durante il monitoraggio in corso d’opera, il superamento del valore limite di attenzione di NTU sopraindicato, viene attivato un monitoraggio ogni 12 ore sul punto che ha superato la soglia di attenzione (*early warning*) e qualora detto valore persisti per oltre 48 ore, anche in assenza di superamenti nelle altri stazioni di monitoraggio e, nel caso che esso sia effettivamente riconducibile alle operazioni di dragaggio, le attività di escavo dovranno essere comunque sospese fino al rientro dei valori di torbidità entro il valore soglia, con contestuale verifica di eventuali anomalie o danneggiamenti alle attrezzature di movimentazione dei sedimenti.

Si evidenzia che attraverso i dati rilevati in corso d’opera, su richiesta degli Enti Vigilanti, si potranno ricalibrare i valori di soglia dinamici assunti, anche se è presumibile con buona certezza, attesa la caratteristica dei sedimenti presenti caratterizzati da un peso specifico dei granuli elevato (sabbie limose di natura sedimentaria calcarea) e sulla base delle modellazioni effettuate, che il limite di attenzione individuato sia molto rappresentativo.

Si precisa che i sedimenti in classe A,B, non costituiscono una criticità per l’ecosistema marino in termini di rilascio di potenziali contaminanti ambientali in essi presenti e, nelle condizioni previste dalla normativa D.M. 173/16, è possibile l’immersione deliberata in mare per la totalità del volume movimentato. I materiali classificati come C e D\* rappresentano una criticità minore e per questi materiali sono previste semplificazioni gestionali (par. 2.9 ulteriori semplificazioni inerenti la gestione, D.M. 173/16) che, qualora applicabili, prevedono anche l’immersione deliberata in mare come già effettuato anche in altri contesti sul territorio nazionale (es. dragaggio del porto di Casamicciola Terme e del porto di Ravenna). L’intervento previsto per Piattaforma Europa prevede la sola rimozione dei sedimenti e il conferimento in cassa di colmata senza nessuna immersione in mare. Questa scelta, legata anche al contenuto della frazione sottile pelitica nel sedimento caratterizzato, rappresenta un elemento di cautela per l’ambiente. Oltre alla determinazione in continuo della torbidità associata alla modellizzazione della diffusione del *plume*, l’impiego delle soluzioni di dragaggio descritte risulta percorribile anche in relazione all’implementazione di uno specifico piano di monitoraggio ambientale (PMA), redatto in ottemperanza alle prescrizioni del D.M. 173/16, che prevede il posizionamento di stazioni fisse di monitoraggio periodico nell’area prossima all’area di escavo e nelle zone interessate dalle acque di sfioro della cassa di colmata. **Il PMA, cui si rimanda per approfondimento garantisce che, nell’ipotesi in cui l’impiego del sistema di dragaggio in progetto porti ad impatti ambientali non prevedibili sulla base della classificazione di rischio dei materiali, questi siano tempestivamente rilevati e corretti.** Sulle stazioni fisse definite nel PMA saranno effettuati rilievi in colonna d’acqua, campionamento dei sedimenti per misure chimico-fisiche, ecotossicologiche e microbiologiche e analisi dei popolamenti del macrozoobenthos per la definizione dello stato qualitativo dell’ecosistema. Le prove di bioaccumulo ed esposizione di organismi test in laboratorio (biomarkers) permetteranno, inoltre, di escludere fenomeni di contaminazione del biota originati dalla movimentazione dei materiali con le tecniche previste in progetto.

Quanto sopra esposto **sarà eseguito salvo diverse ovvero integrative determinazioni, precisazioni e prescrizioni che l’Ente di Controllo ARPA Toscana debba disporre in fase di comunicazione del presente documento e/o in corso d’opera.** Resta, comunque, intesa la possibilità da parte dell’Ente di Controllo di richiedere l’effettuazione in qualsiasi momento delle attività di dragaggio di un ciclo di monitoraggio straordinario al fine di verificare il persistere delle ipotesi iniziali e valutare eventuali integrazioni.

Le operazioni di dragaggio saranno in ogni caso ottimizzate attraverso l’applicazione del software *ECOPLUME®* (software di proprietà ed in uso da parte dell’Appaltatore) che permette di pianificare di lavoro in anticipo in base alle condizioni meteomarine previste nell’area; il software è basato su modelli numerici idrodinamici e di trasporto di sedimenti per simulazioni delle condizioni idrodinamiche nel breve termine

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	25

(previsioni giornaliere), che può essere tarato utilizzando i parametri di funzionamento rilevati e i valori di soglia prefissati, in modo da aggiornare dinamicamente il piano di dragaggio per meglio adattarlo alle condizioni climatiche ed ambientali.

Nei paragrafi seguenti si descrivono in dettaglio le fasi operative di dragaggio e gli accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile previste in fase esecutiva, analizzando le metodologie di escavo previste (dragaggio idraulico con “CSD – Cutter Suction Dredger” e dragaggio meccanico con draghe “GD/GHD – Grab Dredger” oppure “Grab Hopper Dredger”, equipaggiate anche con benna idraulica tipo “Ecograb” per la rimozione dei sedimenti in “classe di qualità D”) e le varie fasi operative adottate riportando:

- **piano dei dragaggi con riepilogo di sintesi delle volumetrie dei materiali di escavo da movimentare;**
- **stratigrafie e caratteristiche geomeccaniche e litologiche degli strati dragati;**
- **risultanze della caratterizzazione ambientale dei materiali di escavo eseguite in fase progettuale con sintesi dello stato qualitativo dei sedimenti;**
- **descrizione delle fasi di dragaggio (piano di dragaggio) con l’individuazione delle volumetrie, delle tecnologie, delle metodologie e dei processi di dragaggio adottati e delle zone di colmata di utilizzo dei materiali di escavo;**
- **Monitoraggio ambientale integrativo della diffusione della torbidità durante l’escavo idraulico con draga “CSD”;**
- **cronoprogramma complessivo delle fasi esecutive di dragaggio;**
- **nota tecnica per la verifica di ottemperanza delle attività di dragaggio relative alle condizioni ambientali prescritte nel Decreto Interministeriale di compatibilità ambientale VIA [m\_ante.MASE.VA n. 81 del 11/03.2024].**

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	26

## 2 PIANO DEI DRAGAGGI CON RIEPILOGO DI SINTESI DELLE VOLUMETRIE DEI MATERIALI DI ESCAVO DA MOVIMENTARE

L'obiettivo progettuale del dragaggio prevede l'escavo complessivo **di circa 15,7 milioni di metri cubi** (incluso un franco di sicurezza e di manutenzione/overdredging) nelle seguenti aree:

- **Cunette per la costituzione dei piani d'imbasamento delle dighe foranee e di parte dei rilevati perimetrali interni di arginatura delle colmate per un quantitativo di circa 975.070 m<sup>3</sup>, per uno spessore variabile di massimo 3,5 m, così suddivisi:**
  - imbasamento diga di sopraflutto (WBS 1, WBS 2a e 2b) per un quantitativo di circa 381.500 m<sup>3</sup> per una superficie circa 198.800 m<sup>2</sup>;
  - imbasamento argini interni colmata (WBS 4a e 4b) per un quantitativo di circa 286.00 m<sup>3</sup> per una superficie circa 95.000 m<sup>2</sup>;
  - imbasamento diga di sottoflutto (WBS 6 – nuova diga della Meloria) per un quantitativo di circa 232.000 m<sup>3</sup> per una superficie circa 51.000 m<sup>2</sup>.
- **Dragaggio canale di accesso e bacini interni per un quantitativo di circa 14.753.000 m<sup>3</sup>, così suddivisi:**
  - canale di accesso esterno fino a quota -17 m s.l.m.m. (WBS 10) per un quantitativo di circa 2.006.000 m<sup>3</sup> (superficie circa 480.000 m<sup>2</sup>);
  - canale di accesso interno fino a quota -16 m s.l.m.m. (WBS 11) per un quantitativo di circa 2.445.000 m<sup>3</sup> (superficie circa 305.000 m<sup>2</sup>);
  - bacino di evoluzione e darsene interne fino a quota a -16 m s.l.m.m. (WBS 12) per un quantitativo di circa 8.900.000 m<sup>3</sup> (superficie circa 769.000 m<sup>2</sup>);
  - canale di collegamento e fondali retrostanti la nuova diga della Meloria fino a quota a -13 m s.l.m.m. (WBS 13 e WBS 7) per un quantitativo di circa 1.300.000 m<sup>3</sup> (superficie circa 148.000 m<sup>2</sup>).

Nella seguente figura si riporta una tabella delle tecnologie di escavo subacqueo adottate, dei relativi volumi coinvolti e delle aree di destinazione dei materiali dragati individuati nel PE.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>		DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 27
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0				

**MODALITA' DI DRAGAGGIO ESECUTIVE - Tabella delle tecnologie di escavo subacqueo adottate, dei relativi volumi coinvolti e delle aree di destinazione dei materiali dragati individuati nel Progetto Esecutivo.**

Macrozona di escavo (PE)	Settore di escavo (PE)	suddivisione classe di qualità sedimenti	Superficie area di dragaggio [m <sup>2</sup> ]	Stima volumi di escavo "in situ" [m <sup>3</sup> ]	Caratteristiche geomeccaniche dei sedimenti da dragare	Migliore tecnologia di dragaggio adottata	Sito di riutilizzo e capienza [m <sup>3</sup> ]	note
Dragaggio Canale di accesso e bacini interni	WBS 10 Imboccatura esterna Nord [fino a quota -17 m s.l.m.m.]	classe A, B, C e D*	479.042,0	2.006.384	continue intercalazioni di strati di argille limose, limi sabbiosi con resti di posidonie, sabbie limose ed argillose con clasti calcarenitici debolmente cementati, di ghiaie/ghiaie limose e di calcareniti localmente cementata [cd "panchina"].	dragaggio idraulico selettivo con draga "CSD- Cutter Suction Dredger" in grado di tagliare ed aspirare sedimenti compatti in argilla, ghiaie, calcareniti cementate "cd. panchina" e materiali sciolti. Nei settori ristretti (parte delle cunette) in adiacenza alle opere esistenti escavo subacqueo meccanico con draga "GHD/GD - Grab Hopper Dredger".	nuova colmata per piazzale diga Nord [capienza 17.000.000 m <sup>3</sup> ]	le volumetrie includono un franco di sicurezza e di manutenzione/ overdredging di 30 cm.
	WBS 11 Imboccatura int. Nord [fino a quota -16 m s.l.m.m.]		304.640,9	2.444.948				
	WBS 12 Bacino interno [fino a quota -16 m s.l.m.m.]		768.561,5	8.718.738				
	WBS 13 Canale collegamento [fino a quota -13 m s.l.m.m.]		147.708,6	811.066				
	WBS 7 Canale di collegamento [fino a quota -13 m s.l.m.m.]		-	483.217				
	subtotale volumi in classe "A,B,C e D"			1.699.953	14.464.352			
	WBS 12 Imboccatura est. Nord [spessore max scavo 2,5 m]	classe D	80.000,00	168.000	sedimenti limo sabbiosi sciolti con resti di posidonie	dragaggio selettivo ambientale meccanico con draga "GHD/GD - Grab Hopper Dredger" con "ECOGRAB".	bacino impermeabilizzato in nuova colmata [capienza 1.500.000 m <sup>3</sup> ]	nella WBS 13 il materiale in classe "D" e' presente solo dalla profondità da -7 a -9,5 m s.l.m.m..
	WBS 13 Imboccatura est. Nord [spessore max scavo 9,5 m]		26.738,83	120.324,7				
	subtotale volumi in classe "D"			106.739	288.325			

Dragaggio formazione cunette per costituzione piani imbasamento dighe foranee e parte rilevati perimetrali di arginatura delle colmate	WBS 1 Diga Nord tratto testata [cunetta a quota var. min -21,3 m.s.l.m.m.]	classe A, B, C e D*	45.101	165.846	Prevalenza di sedimenti limosi e limo sabbiosi con locali intercalazioni di sabbie cementate, sabbie argillose con clasti calcarenitici e ghiaie.	dragaggio idraulico selettivo con "CSD" in grado di tagliare ed aspirare sedimenti compatti in argilla, ghiaie, calcareniti cementate "panchina" e materiali sciolti/ Meccanico con GHD	nuova colmata per piazzale diga Nord [capienza 17.000.000 m <sup>3</sup> ]	
	WBS 2a diga Nord in massi artificiali [cunetta a quota - 11 m s.l.m.m.]		92.909	155.163				
	WBS 2b diga Nord in massi naturali [cunetta a quota var. min - 12 m s.l.m.m.]		60.782	60.505				
	WBS 4a - argine colmata ingresso [cunetta a quota -11 m s.l.m.m.]		48.536	131.774				
	WBS 4b - argine colmata ibacino interno [cunetta a quota var. min- 9,5 m s.l.m.m.]		47.154	154.433				
	WBS 6 - nuova diga Meloria [cunetta a quota var min - 21,3 m s.l.m.m.]	51.125	232.014	Prevalenza di sedimenti limosi e limo sabbiosi. Localmente, intercalazioni di sabbie cementate, sabbie argillose con clasti calcarenitici e ghiaie.	dragaggio idraulico selettivo con "CSD" in grado di tagliare ed aspirare sedimenti compatti in argilla, ghiaie, calcareniti cementate "panchina" e materiali sciolti/ Meccanico con GHD	nuova colmata per piazzale diga Nord [capienza 17.000.000 m <sup>3</sup> ]		
	subtotale volumi in classe "A,B,C e D"			345.606	899.735			
	WBS 2a diga Nord in massi artificiali [spessore scavo 1 m]	classe D	13.818,05	13.818	sedimenti limo sabbiosi sciolti con resti di posidonie	dragaggio selettivo ambientale meccanico con ECOGRAB	bacino impermeabilizzato colmata esistente/bacino impermeabilizzato in nuova colmata [capienza 1.500.000 m <sup>3</sup> ]	
	WBS 2b diga Nord in massi naturali [spessore scavo 1,8 m]		27.100,07	37.336				
	WBS 6 - nuova diga Meloria [spessore scavo 1 m]		24.183,07	24.183,07				
subtotale volumi in classe "D"			65.101	75.337				
TOTALE VOLUMI DA DRAGARE IN CLASSE DI QUALITA' "A,B,C e D"				15.364.087	TOTALE CAPIENZA COLMATE PER SEDIMENTI IN CLASSE DI QUALITA' "A,B,C e D"		17.000.000	
TOTALE VOLUMI DA DRAGARE IN CLASSE DI QUALITA' "D"				363.662	TOTALE CAPIENZA COLMATE PER SEDIMENTI QUALITA' "D"		1.500.000	
TOTALE COMPLESSIVO VOLUMI DA DRAGARE				15.727.749	TOTALE CAPIENZA COMPLESSIVA COLMATE		18.500.000	
<b>Nota 1</b> nei volumi di dragaggio delle aree di accesso e dei bacini interni e' ricompreso un franco di sicurezza e di manutenzione/ overdredging medio di 30 cm.								
<b>Nota 2</b> nel corso dei lavori la compartimentazione delle colmate potrà subire variazioni in relazione ad inaspettate esigenze operative e/o interferenze con altre lavorazioni in sovrapposizione, fermo restando il bianco e la coerenza delle volumetrie da invasare.								

Figura 2-1 Tabella di sintesi delle volumetrie di dragaggio correlato alle tecnologie di escavo previste ed alle aree di destinazione dei materiali dragati.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	28

In relazione alla formazione della cunetta d'imbasamento dell'argine iniziale interno della nuova colmata Nord (WBS 4b-3), nel PE si prevede che in corso d'opera sia realizzato un tratto di rilevato di prova strumentato, nell'ambito delle opere provvisorie, per definire i tempi medi di consolidazione in assenza di escavo e la percentuale "d'ingozzamento" dei materiali di cava, per valutare la reale necessità di far precedere l'avanzamento da terra del rilevato dall'escavo subacqueo della cunetta.

In caso di risultati geotecnici confortanti, la volumetria di escavo non effettuato potrà essere eseguito nell'area antistante dello specchio acqueo per garantire un maggior franco di sicurezza alla navigazione e di manutenzione di circa 30/40 cm.

In particolare, in accordo con la Relazione geotecnica di progetto, il modello geotecnico dell'area, mostra nel tratto iniziale la presenza di uno strato superficiale formato da materiale fangoso praticamente inconsistente e sottoconsolidato ed uno strato compressibile più profondo di Limi Sabbiosi, che presenta una elevata compressibilità.

Pertanto, durante la fase di formazione da terra verso mare dell'argine interno con materiale lapideo di cava, è prevedibile il quasi totale dislocamento per spostamento laterale per gravità dello strato fangoso sottoconsolidato di recente sedimentazione e continuamente movimentato durante le mareggiate presente sul fondale. Questo strato, infatti, presenta caratteristiche meccaniche molto scadenti con un comportamento che si avvicina ad un solido molto poco consistente.

Per le sue caratteristiche, questo strato non è in grado di sostenere il peso del materiale di riempimento e, quindi, viene spiazzato da quest'ultimo formando una sorta di "onda" che si sposta in avanzamento al procedere dello sversamento del materiale di colmata. Dal punto di vista del comportamento strutturale della colmata non si hanno influenze negative in quanto si riscontra una sostituzione molto significativa dello strato fangoso con il materiale di riempimento. Il fenomeno si traduce in una "sostituzione" del materiale compressibile con uno strato di materiale granulare misto ai limi.

Durante l'avanzamento della colmata, il materiale refluito sarà in parte riassorbito all'interno del materiale granulare ed in parte sarà "spiazzato" lateralmente al piede della scarpata.

Il materiale interno rimarrà intercluso nella futura colmata e quello residuo esterno, di volumetria limitata, potrà essere salpato meccanicamente e collocato direttamente all'interno mediante l'impiego di un escavatore a fune da terra.

Il risultato finale potrebbe essere molto vicino ad una % di sostituzione che supera il 60% in volume (da verificare nel rilevato strumentato). In queste condizioni, il comportamento meccanico del terreno di fondazione sarebbe equivalente alle attese del progetto, effettuando l'escavo subacqueo.

Si riporta di seguito la tabella sinottica delle volumetrie dei sedimenti di dragaggio movimentati nell'ambito del "piano di gestione, di riutilizzo/riallocazione e di ripartizione nelle colmate" per la formazione dei nuovi piazzali e delle future aree logistiche, con individuate le capacità d'invaso post dragaggio.

Nel corso dei lavori, i volumi nei siti di destinazione nelle aree logistiche dei volumi di escavo e le compartimentazioni della colmata potranno subire variazioni in relazione ad intervenute esigenze operative e/o interferenze con altre lavorazioni in sovrapposizione, fermo restando il bilancio e la coerenza delle volumetrie da invasare.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 29
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

<i>RIEPILOGO DI SINTESI DELLE VOLUMETRIE DEI SEDIMENTI DI DRAGAGGIO MOVIMENTATI NELL'AMBITO DEL "PIANO DI GESTIONE E DI RIUTILIZZO/RIALLOCAZIONE" NEI SITI DI DESTINAZIONE FINALE (colmate per formazione nuovi piazzali ed aree logistiche portuali)</i>												
<i>BILANCIO DEI VOLUMI - PROGETTO ESECUTIVO -</i>												
METODI DI RIUTILIZZO SEDIMENTI DI DRAGAGGIO IN COLMATA			METODOLOGIA DI ESCAVO	VOLUMI NEL SITO DI RIUTILIZZO PER FORMAZIONE PIAZZALI PORTUALI					STIMA INDICATIVA RIPARTIZIONE MATERIALI DI DRAGAGGIO NEI SITI DI RIUTILIZZO FINALE			
LOCALIZZAZIONE AREE DI COLMATA PER FORMAZIONE PIAZZALI PORTUALI	SUPERFICIE	VOLUMI GEOMETRICI NETTI a +3,50 m.s.l.m.m.	TIPO DI DRAGA UTILIZZATA	Stima reduction factor [da densita' in situ] post consolidamento primario [fase di cantiere]		Consolidamento terreno d'imposta [stima media da modello geotecnico]		STIMA VOLUMETRIA INVASABILE	bacino conterminato colmata esistente	bacino conterminato nuova colmata Diga Nord	nuova colmata Diga Nord	incidenza di riempimento
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]		[kr]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[%]
<i>colmata esistente [bacino confinato]</i>	164.000	470.000	<i>meccanico GD/GHD</i>	0,80	94.000	0,50	82.000	646.000	100.000			15%
<i>nuova colmata Diga Nord [bacino confinato]</i>	110.000	1.500.000	<i>meccanico GD/GHD</i>	0,80	300.000	1,20	132.000	1.932.000		263.662		14%
<i>nuova colmata Diga Nord</i>	1.090.000	14.200.000	<i>idraulico CSD</i>	0,80	2.840.000	1,20	1.308.000	18.348.000			15.364.087	84%
<b>TOTALE</b>	<b>1.364.000</b>	<b>16.170.000</b>			<b>3.234.000</b>		<b>1.522.000</b>	<b>20.926.000</b>	<b>100.000</b>	<b>263.662</b>	<b>15.364.087</b>	<b>75,2%</b>

*Nota 1)* nel corso dei lavori i volumi nei siti di destinazione nelle aree logistiche dei volumi di escavo e le compartimentazioni della colmata potranno subire variazioni in relazione ad intervenute esigenze operative e/o interferenze con altre lavorazioni in sovrapposizione, fermo restando il bilancio e la coerenza delle volumetrie da invasare.

*Nota 2)* la capienza complessiva dei siti di riutilizzo dei sedimenti in colmata per la formazione dei nuovi piazzali portuali e' superiore ai volumi di dragaggio di oltre il 18%. Il volume geometrico disponibile di riempimento per la messa in quota delle colmate fino a + 3,50 m e' pari a circa 14.500.000 m<sup>3</sup>. Atteso che il materiale "in situ" ha una densita' inferiore a quella che sara' raggiunta nelle colmate (coeff. di riduzione Kr= 0,75-0,85) e che il terreno d'imposta della nuova colmata al tergo della diga Nord, sotto il carico del rilevato, si consolida in media di circa 1,20 m per una superficie di 1.340.000 m<sup>2</sup>, la volumetria complessiva invasabile in colmata risulta > 20.200.000 m<sup>3</sup>. Infatti, il materiale subisce il fenomeno noto come consolidamento primario: esso consiste nell'espulsione dell'acqua interstiziale e nel "riarrangiamento" dei grani in una configurazione piu' compatta, sotto l'azione delle tensioni normali dovute al peso del materiale negli strati superiori. Nella fattispecie, ad un anno dal deposito del materiale in colmata e' possibile stimare un coefficiente di riduzione compreso tra 0,85 - 0,75, fermo restando che con il tempo diminuirà ulteriormente, in seguito al processo di consolidamento secondario, che e' dovuto al "riarrangiamento" della disposizione dei grani ed ai fenomeni viscosi e di adattamento.

*Figura 2-2 – Tabella di sintesi delle volumetrie dei sedimenti di dragaggio movimentati nell'ambito del "piano di gestione, di riutilizzo/riallocazione e di ripartizione nelle colmate" per la formazione dei nuovi piazzali e delle future aree logistiche, con individuate le capacità d'invaso post dragaggio.*

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 30
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

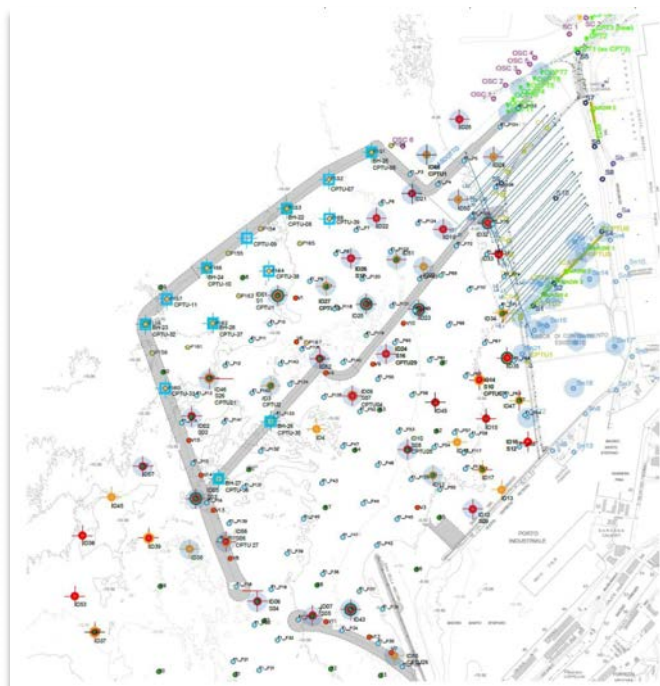
### 3 STRATIGRAFIE E CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE E LITOLOGICHE DEGLI STRATI DRAGATI

I terreni da dragare sono caratterizzati da una successione stratigrafica molto articolata e discontinua in termini di estensione degli areali e di potenza degli spessori nonché variabile per compattezza (presenza di continue intercalazioni di strati di argille/argille limose, di strati rocciosi caratterizzati da calcareniti stratificate e di materiali sciolti (limi/sabbie).

In particolare, la litologia del fondale è caratterizzata dalla presenza variegata di limi argillosi, limi sabbiosi con resti di posidonia, di sabbie/sabbie limose, di ghiaie/ghiaie limose e di calcareniti localmente cementata [cd “*panchina*”].

Tale eterogeneità stratigrafica ha determinato la necessità di effettuare numerose e dettagliate indagini geologico-geotecniche. Al fine di individuare i parametri del terreno dell’area di interesse si è reso necessario eseguire estensive campagne di indagini (2019/2020) con prove in situ ed analisi e prove di laboratorio geotecnico su campioni di terreno indisturbati [> n. 30 sondaggi geotecnici, n. 10 Sondaggi ambientali e n. 29 CPTU da piattaforma oltre a n. 3 OCPT]. Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove in foro tipo Lefranc, SPT, pressiometriche, e prelievo di campioni di tipo indisturbato, rimaneggiato ed ambientale. Per avere un grado ancor più preciso del modello geologico a supporto delle attività di dragaggio, per individuare le migliori e più opportune metodologie di dragaggio in relazione alla associata torbidità, è stata eseguita un’ulteriore campagna d’indagini nel 2022 con l’esecuzione di n. 117 sondaggi ambientali (n. 99 con sigla “F1-Pxx” e n.18 con sigla “Pxx”), n. 20 sondaggi geotecnici (n.13 con sigla “Vxx” e n.7 con sigla “BH-xx”) e n. 13 prove penetrometriche (con sigla “CPTu-xx”).

Le indagini geognostiche ed ambientali eseguite sono riportate nella seguente planimetria sinottica.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 31
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

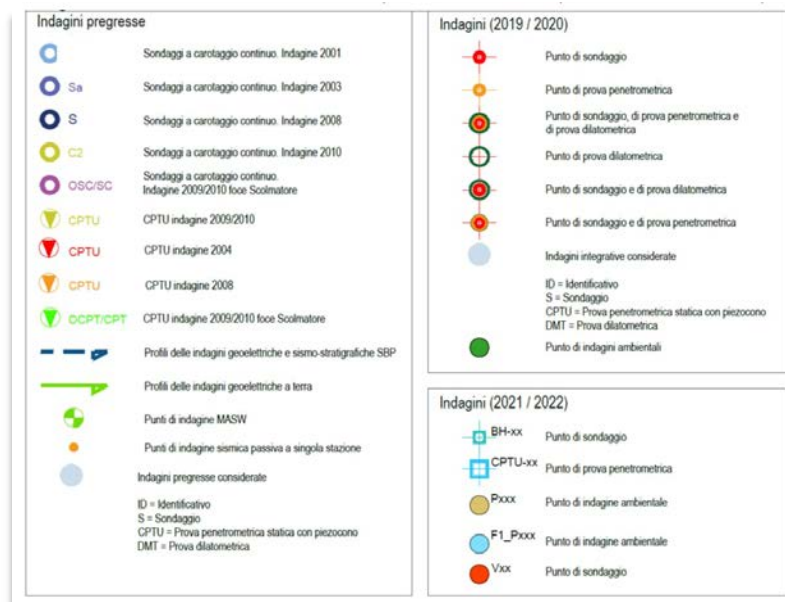
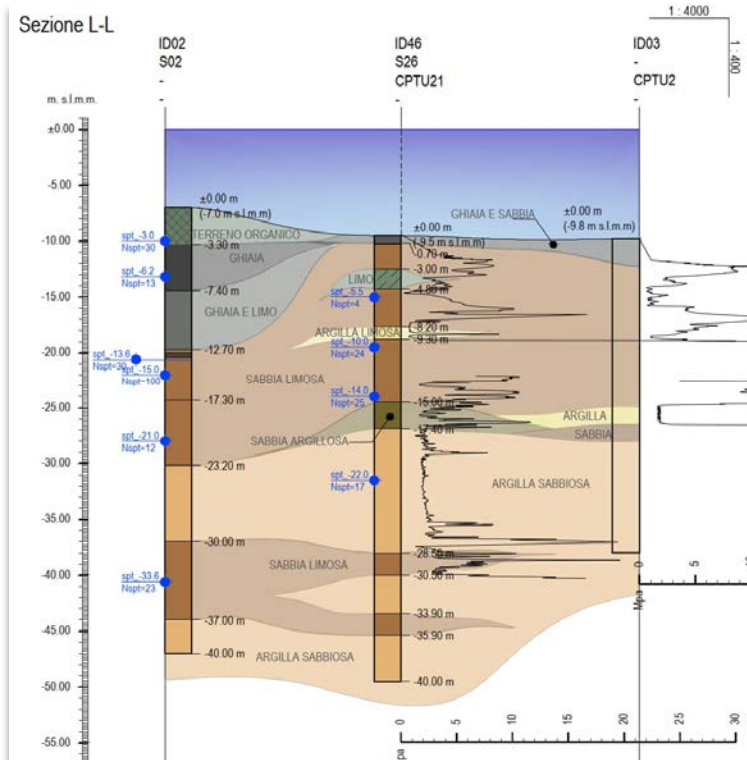
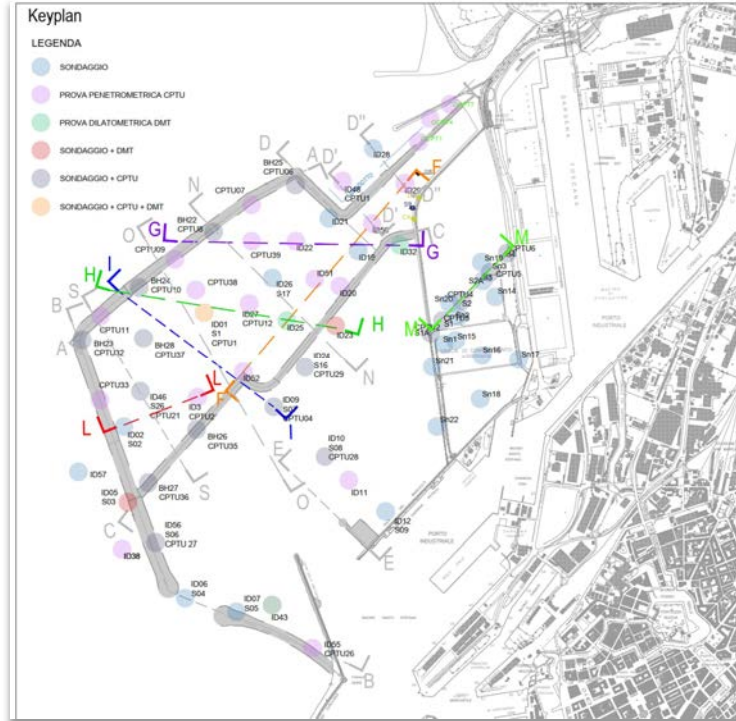


Figura 3-1 – Planimetria sondaggi e individuazione dei sondaggi integrativi utilizzati per la determinazione dei parametri del terreno – [estratto dall'elaborato 1233\_PD-B-101] e relativa legenda.

Sulla base di tali indagini ed a seguito di un'analisi critica di tutti i dati rilevati e delle elaborazioni eseguite è stato sviluppato il "modello geotecnico complessivo" di riferimento dell'intera area di progetto.

Per rappresentare l'eterogeneità stratigrafica degli strati da dragare si riportano alcune sezioni geologiche.





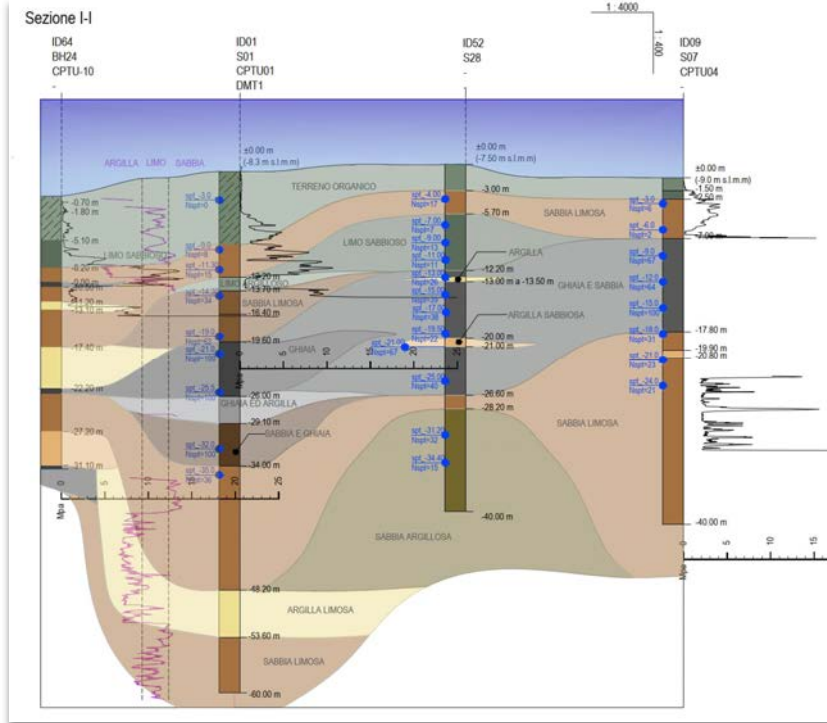


Figura 3-2 – estratto delle sezioni geologiche [sezioni L-L ed I-I]

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 34
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

#### 4 RISULTANZE DELLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DI ESCAVO ESEGUITE IN FASE PROGETTUALE CON SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DEI SEDIMENTI

L'Autorità di Sistema ha provveduto ad eseguire una dettagliata campagna di caratterizzazione ambientale delle aree oggetto di dragaggio, conformemente a quanto stabilito dall'allegato tecnico al D.M. Ambiente n.173 del 15 Luglio 2016 (decreto di attuazione dell'art. 109 c. 2 del D.Lgs. 152/2006) e del Manuale per la movimentazione di sedimenti marini di ISPRA 2007.

Tra il 2021 e il 2022 sono state completate le indagini di caratterizzazione ambientale dei sedimenti finalizzate alla gestione dei sedimenti che saranno scavati per le opere foranee e per i dragaggi previsti nel presente progetto.

Una raccolta completa dei risultati delle indagini eseguite è riportata nell'elaborato "1233\_PD-C-011 'Studio di Impatto Ambientale - Allegato 1 'Relazione generale descrittiva relativa alle indagini conoscitive". Complessivamente sono state eseguite le seguenti indagini:

- n. 87 sondaggi in corrispondenza delle opere di imbasamento delle opere foranee e delle aree di dragaggio;
- n. 27 sondaggi realizzati con vibrocoer in corrispondenza dell'area di colmata oltre n. 3 prelievi eseguiti con Benna Van Veen.

I sondaggi sono stati approfonditi fino alla massima profondità di 6 m dal fondale per l'individuazione del substrato geologico naturale ad una profondità media di circa 3-4 m ed in alcuni casi limitati alla massima profondità previste dagli escavi per gli imbasamenti dei rilevati delle opere foranee.

Per "tetto del substrato geologico naturale costitutivo dell'area" s'intende il limite superiore del primo orizzonte geologico per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica.

Nello specifico, l'individuazione del tetto del substrato geologico naturale costitutivo dell'area è stata determinata sulla base di un criterio stratigrafico e di un criterio di età del deposito. Ne consegue che le indagini ambientali di caratterizzazione realizzate fino alla profondità 6 m dal fondale sono ampiamente rappresentative ed esaustive dello stato ambientale degli strati superficiali, in grado di discriminare/individuare eventuali potenziali contaminazioni ivi presenti.

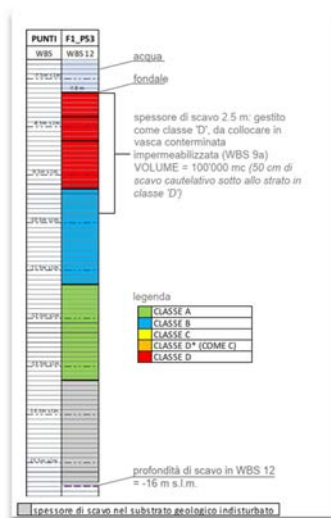


Figura 4-1 Esempio colonna stratigrafica per classi di gestione ex DM 173/2016

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 35
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Le risultanze delle analisi fisico-chimiche ed eco-tossicologiche sono state elaborate applicando i criteri d'integrazione ponderata di cui alle "Appendici 2B e 2C dell'Allegato tecnico al D.M. n. 173/2016".

Nello specifico, le elaborazioni sono state effettuate mediante l'applicazione del tool "Sediquisoft 109.0® ver. 2.0" distribuito da ISPRA. L'attribuzione della classe di qualità ai sedimenti esaminati scaturisce dall'integrazione della classificazione eco-tossicologica e chimica, ottenuta attraverso l'applicazione dei criteri d'integrazione ponderata. Di seguito si riportano la classificazione del pericolo eco-tossicologico, la classificazione del pericolo chimico e la classificazione integrata risultante.

In generale il criterio di integrazione ponderata per la valutazione delle risultanze eco-tossicologiche considera aspetti importanti e caratteristiche specifiche dei saggi biologici inclusi nella batteria utilizzata, tra cui: **a)** la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo; **b)** la severità dell'effetto (inteso come gravità del danno biologico misurato dallo specifico end point); **c)** la tipologia di esposizione (acuta o a breve termine, cronica o a lungo termine); **d)** la rappresentatività ambientale della matrice testata.

Nell'area di escavo/dragaggio, considerando i 390 campioni prelevati dalle aree di scavo e dragaggio sottoposti alle analisi eco-tossicologiche si è rilevato che:

- in nessun caso il pericolo eco-tossicologico risulta "alto";
- il 22% dei casi è 'medio';
- la percentuale prevalente del 72% il pericolo risulta 'assente' e per la restante parte dei campioni 6% appartengono alla classe di pericolo "basso".

Anche per i n. 30 campioni prelevati nell'area di colmata, corrispondenti ai campioni rappresentativi dello strato 0-50 cm, prevalgono i campioni con pericolo "assente".

Applicando il modulo "classificazione chimica" del tool Sediquisoft 109.0®, è stato possibile ottenere la classificazione del pericolo chimico quantificato con il calcolo dell'indice di pericolo chimico (HQc).

L'elaborazione dei dati chimici inizia con il confronto delle concentrazioni misurate nei sedimenti con i livelli chimici di riferimento (L1 e L2). I valori medi delle concentrazioni misurate, la cui deviazione standard sia inferiore al medesimo valore medio, devono essere inferiori al corrispondente valore di L1 locale (qualora disponibile), o inferiore ai valori di L1 stabiliti a livello nazionale.

L'indice chimico HQc è assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore come indicato nella tabella successiva. I dati chimici vengono elaborati contemporaneamente per ottenere un valore di HQc ed una classe di pericolo chimico nei confronti di tutti i riferimenti adottati.

HQc	CLASSE DI PERICOLO
0 – < 0.7	Assente
0.7 – < 1.3	Trascurabile
1.3 – < 2.6	Basso
2.6 – < 6.5	Medio
6.5 – < 13.0	Alto
≥13.0	Molto Alto

Tabella 4-1 Classi di pericolo chimico rispetto ai valori di HQc (estratta dall'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016)

Nello studio dei dati in oggetto si osserva che:

- una minima parte dei campioni (4%) hanno per L1 un HQc basso e medio;
- nella maggior parte dei campioni si ha per L2 un HQc compreso tra trascurabile (44%) e Basso (19%);



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	36

- per circa il 9% dei campioni si ha per L2 un HQc compreso tra 'medio' e 'alto'.

Nei campioni con HQc (L2) 'medio' e 'alto' la contaminazione è di tipo organico (prevalentemente IPA) e sono presenti alcuni metalli (Arsenico, Nichel, Cadmio, Piombo e Zinco).

L'attribuzione della **"Classe di Qualità"** ai sedimenti esaminati scaturisce dall'integrazione della classificazione del pericolo chimico ed eco-tossicologico, ottenuta attraverso l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata (vedi Tabella riportata nella figura seguente).

A tale proposito, i campioni classificati in classe 'A', ma con frazione pelitica superiore al 50%, vengono attribuiti a una classe gestionale 'B'.

Analogamente, campioni classificati in 'D' che rientrano in uno dei casi sottostanti, possono essere gestiti come i sedimenti di classe 'C':

- con tossicità del sedimento "Assente" o "Bassa" (secondo il criterio ponderato o tabellare), purché collocati non a contatto con le pareti laterali o il fondo del bacino conterminato parzialmente o totalmente emerso;
- il pericolo ecotossicologico valutato secondo i criteri di integrazione ponderata sia dovuto per 2/3 alla fase solida.

In questi casi la classe viene segnalata come una D\*, e trattata come classe C. La definizione finale delle classi di qualità attribuite ai singoli campioni di sedimento è rappresentata nelle planimetrie seguenti.

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQ <sub>ecotoss</sub> )	Classificazione chimica	Classe di Qualità del materiale
<b>Assente</b>	HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Trascurabile	A
	Basso ≤ HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Medio	B
	HQ <sub>c</sub> (L2) = Alto	C
	HQ <sub>c</sub> (L2) > Alto	D
<b>Basso</b>	HQ <sub>c</sub> (L1) ≤ Basso	A
	HQ <sub>c</sub> (L1) ≥ Medio e HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Basso	B
	Medio ≤ HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Alto	C
	HQ <sub>c</sub> (L2) > Alto	D
<b>Medio</b>	HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Basso	C
	HQ <sub>c</sub> (L2) ≥ Medio	D
<b>≥ Alto</b>	HQ <sub>c</sub> (L2) ≤ Basso	D
	HQ <sub>c</sub> (L2) ≥ Medio	E

*Tabella 4-2 Classificazione della qualità dei sedimenti risultante dall'applicazione dei criteri di integrazione ponderata (estratta dall'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016)*

Si riportano di seguito la distribuzione nelle aree di scavo e dragaggio delle diverse classi di qualità dei sedimenti, attribuita direttamente alla maglia di riferimento e suddivisa per livelli di campionamento.

Osservando le figure e la sintesi di Tabella 4-3 che riporta la distribuzione statistica delle classi di gestione dei sedimenti ripartite per livelli, si osserva:

- i campioni di sedimento in classe A sono prevalenti, e vanno dal 37/38% dei primi livelli (C1 e C2) al 47/53% dei livelli sottostanti (C3, C4 e C5);
- i campioni di sedimento in classe D si rinvencono con la seguente distribuzione: 6 campioni C1, 3 campioni C2, 1 campione C3, 1 campione C4, e nessun campione C5;
- nessuno dei campioni prelevati di fine carota corrisponde a campioni in classe D. Anche al di sotto del livello C4 in F1\_P42 rinvenuto in classe D, si trova un campione C5 in classe C.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	37

La distribuzione dei campioni sulla verticale di indagine evidenzia un graduale e progressivo miglioramento della qualità ambientale dei sedimenti con la profondità.

Questo da un lato conferma il modello concettuale alla base del piano di campionamento che ha escluso l'indagine nel substrato geologico naturale in quanto strato non antropizzato, dall'altra rassicura che i sedimenti che saranno scavati inferiormente agli strati indagati non potranno che essere di qualità ambientale sempre migliore o equivalenti rispetto agli strati soprastanti, e quindi sicuramente non di classe D.

A tal proposito si ricorda che anche i campioni profondi prelevati nell'indagine di ISPRA del 2019 fino a 10-15 m dal fondale avevano evidenziato solamente sedimenti di classe A e B.

**Le maglie con campioni in “classe D” sono localizzate nelle seguenti sette aree:**

- nell'ambito dell'area di dragaggio: “F1\_P53”, “F1\_P129” ed “F1\_P42”;
- nell'area d'imbasamento delle opere foranee: “F1\_P152”, “F1\_P155”, “F1\_P158” e “F1\_P102”.

Le maglie “F1\_P53” e “F1\_P129” ricadono nell'area interna alla “WBS12” prospiciente alla “WBS5”, mentre le maglie “F1\_P42” e “F1\_P102” si trovano sul lato ovest esterno della diga della Meloria, nell'ambito delle WBS 13 e WBS 6. Entrambe le aree erano già state individuate con possibili criticità ambientali nelle indagini pregresse.

Le maglie “F1\_P152”, “F1\_P155” e “F1\_P158” ricadono lungo le “WBS2b” e “WBS2a”, dove verranno effettuati gli scavi per l'imbasamento della diga nord.

In sintesi, la distribuzione delle classi di gestione considerando la totalità dei campioni analizzati è la seguente, con il 45% di sedimenti in classe A e solo il 3% in classe D:

A	45%
B	21%
C	24%
D*	7%
D	3%
100%	

*Tabella 4-3 Distribuzione statistica delle classi di gestione dei sedimenti in funzione dei livelli di campionamento.*

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospensibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>		<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 38
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0				

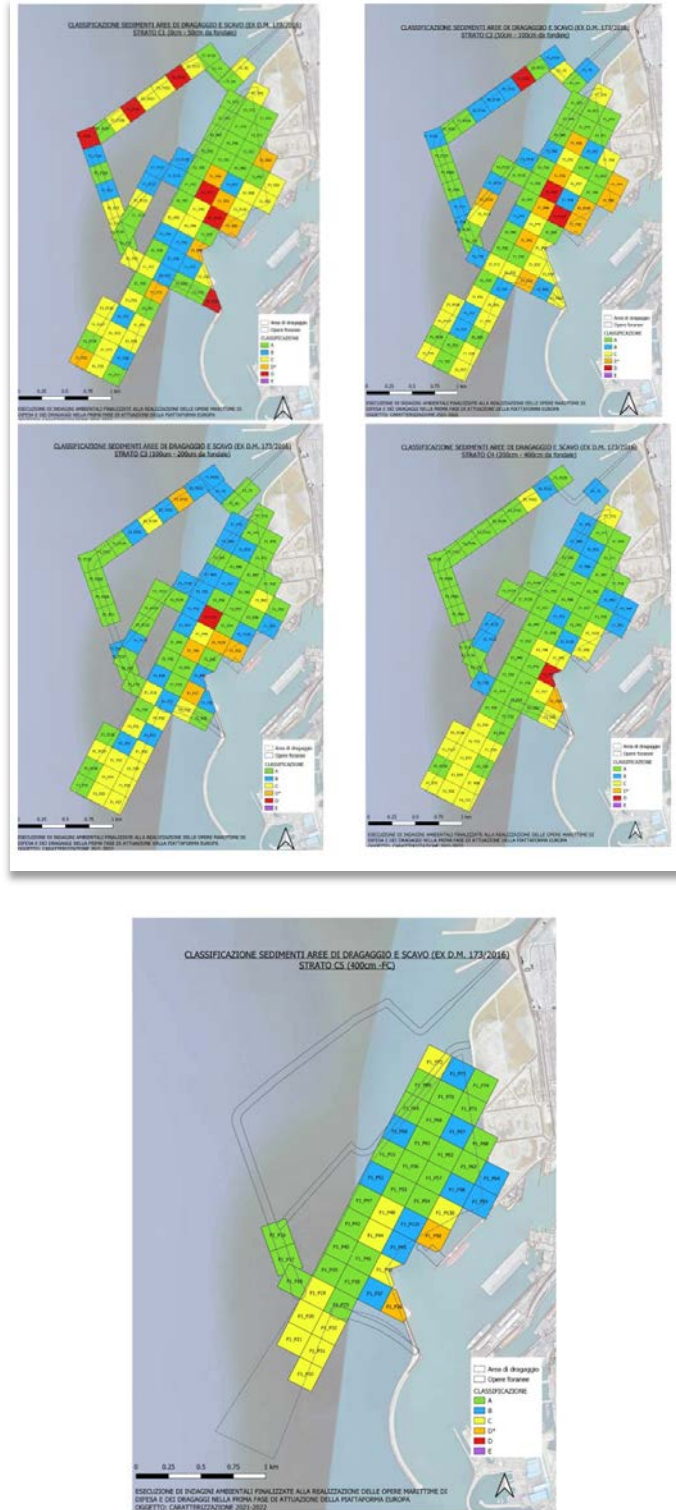


Figura 4-2 – classi di qualità dei campioni di sedimento in funzione delle ipotesi di gestione e localizzazione planimetrica delle celle con sedimenti sciolti superficiali in classe di “qualità D”.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 39
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Pertanto, i risultati della campagna di caratterizzazione ambientale che ha interessato la superficie marina interessata dai dragaggi della Piattaforma Europa eseguita ai sensi del D.M. 173/2016, hanno evidenziato come lo strato superficiale sabbioso, che nelle iniziali previsioni del PDS del 2021 avrebbe potuto essere riutilizzato per l'esecuzione di interventi di "ripascimento sommerso", sia caratterizzato da una buona classe di qualità ambientale ma variabile tra le classi A,B e C, da una presenza di resti vegetali in matrice anche all'interno della classe ambientale A e da una componente pelitica del sedimento, spesso superiore al 50%, che ne pregiudicano l'utilizzo a tale scopo.

Per trovare collocazione ai sedimenti dragati in ambiente conterminato in ambito portuale si è reso necessario predisporre un Adeguamento tecnico funzionale del Piano Regolatore Portuale (ATF), il quale ha previsto un significativo ampliamento dei piazzali portuali, e conseguentemente dei volumi di colmata, con spostamento verso Nord della nuova "Diga Nord". Le opere previste dal PDS sono state oggetto di una serie di modifiche come conseguenza diretta e indiretta della modifica del layout e delle modalità di gestione dei sedimenti emerse alla luce della nuova caratterizzazione.

Alla luce di quanto sopra, nel mese di novembre 2022, è stata eseguita un'ulteriore campagna di indagini volta a definire il quadro conoscitivo sia geotecnico che ambientale nei punti di nuova posizione delle WBS 2A, 2B e della nuova configurazione delle WBS 3 e 4a, nonché della nuova impronta delle opere di colmata.

**In definitiva, la caratterizzazione ambientale dei sedimenti sciolti superficiali ha discriminato una volumetria di sedimenti in classe di "qualità D" per un quantitativo di 363.662 m<sup>3</sup> [pari a solo circa il 2,3% del volume complessivo da dragare] individuati e localizzati in n. 7 celle interessate dall'escavo subacqueo, delle quali:**

- **n. 3 all'interno dei settori di "capital dredging"** [denominate "F1\_P53 e F1\_P129" (nell'ambito della WBS 12 prospiciente la WBS5) ed "F1\_P42" (sul lato ovest della diga della Meloria-WBS 13)];
- **n. 4 nell'area d'imbasamento delle opere foranee** [denominate "F1\_P152, F1\_P155 e F1\_P158" (lungo le WBS2b e WBS2a relativo all'imbasamento della diga nord) ed "F1\_P102" (sul lato ovest della diga della Meloria- WBS6)], come meglio riportato nella tabella e planimetria seguente.

**Nel PE si prevede che i sedimenti in classe di "qualità D" saranno dragati esclusivamente meccanicamente con l'utilizzo di una benna idraulica bivalve tipo "ecograb"**, in ottemperanza alle prescrizioni delle condizioni ambientali riportate nel Decreto Interministeriale di VIA [m\_amte.MASE.VA n. 81 del 11/03.2024] e relative al parere n. 526 dell'11 dicembre 2023 della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS.



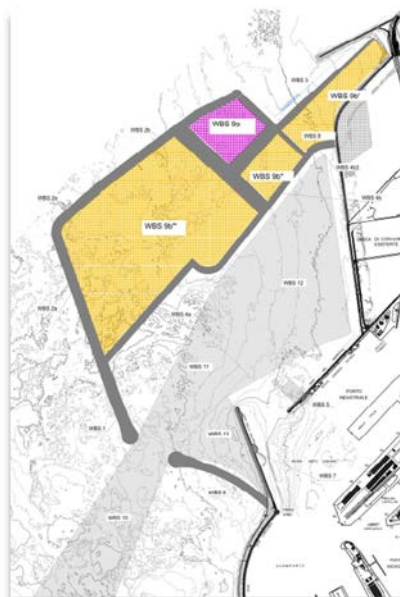
PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	40

WBS	SEDIMENTI CLASSE D (m3)
WBS 1	
WBS 2a	13.818
WBS 2b	37.336
WBS 4a	
WBS 4b-3	
WBS 4b	
WBS 6	24.183
WBS 7	
WBS 10	
WBS 11	
WBS 12	168.000
WBS 13	120.325
<b>TOT m3</b>	<b>363.662,1</b>

Tabella 4-4 -tabella riepilogativa delle volumetrie in classe di “qualità D” suddivise per WBS.

I suddetti sedimenti in classe di “qualità D”, ai sensi del D.M. 15.07.2016 n. 173), saranno collocati unicamente in “ambiente conterminato ed impermeabilizzato”. In dettaglio, come riportato nella figura seguente, i sedimenti saranno ripartiti:

- a completare il settore impermeabilizzato della esistente cassa di colmata a terra (volumetria disponibile di circa 470.000 m<sup>3</sup>);
- all’interno di un settore di 250.000 m<sup>2</sup> (WBS 9a) della prevista nuova cassa di colmata, a tergo della radice della nuova diga nord di sopraflutto, all’interno di una vasca conterminata opportunamente impermeabilizzata, con una capacità totale >1,5 milioni di m<sup>3</sup>, delimitata, sul lato mare, dalla stessa Diga Nord e, sul lato interno, da argini in scogliera.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 41
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Figura 4-3 – rappresentazione del layout di progetto con indicazione dell'area conterminata impermeabilizzata WBS 9a (in magenta) dove verranno collocati i sedimenti in classe D.

Tutti gli altri sedimenti di classe di qualità "A, B, C e D\*", dragati prevalentemente con draga idraulica tipo "CSD" nel rispetto del parere tecnico positivo della sotto-commissione VIA n. 130 in data 11 dicembre 2020, nell'ambito della procedura ex "scoping" (codice procedura 5515), saranno refluiti e riutilizzati a costituire il piazzale della Piattaforma Europa nell'ambito della colmata conterminata indicata in arancio nella precedente figura, estesa per circa 1.150.000 m<sup>2</sup>.

La caratterizzazione della Classe di Qualità dei sedimenti nell'area di colmata, rappresentata nella seguente figura.

Nella raffigurazione, oltre ai 23 punti di indagine interni all'area di colmata, sono stati rappresentati i risultati dei campioni superficiali prelevati nei 10 punti lungo la WBS4 che si sovrappongono parzialmente alla colmata stessa. Si osserva che i campioni superficiali rappresentativi dell'area di colmata appartengono alle classi A, B e C con la distribuzione statistica sintetizzata nella correlata Tabella.

livelli	classi	n. campioni	%
C1	A	12	36%
	B	13	39%
	C	8	24%
	<b>totale</b>	<b>33</b>	



Figura 4-4 – Tabella con la distribuzione statistica delle classi di gestione dei sedimenti in funzione dei livelli di campionamento -area colmata e classi di qualità dei campioni di sedimento in funzione delle ipotesi di gestione – livello C1 – area di colmata.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 42
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

## 5 DESCRIZIONE DELLE FASI DI DRAGAGGIO (PIANO DI DRAGAGGIO) CON L'INDIVIDUAZIONE DELLE VOLUMETRIE, DELLE TECNOLOGIE, DELLE METODOLOGIE E DEI PROCESSI DI DRAGAGGIO ADOTTATI E DELLE ZONE DI COLMATA DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI ESCAVO

In riferimento alle metodologie, alle attrezzature ed alle tecniche di dragaggio nell'ambito del PE si è proceduto a definire in ogni dettaglio la metodologia esecutiva dell'intervento, introducendo ottimizzazioni e miglioramenti esecutivi, rispetto al Progetto Definitivo, definendo il **“piano di dragaggio”** operativo ed in modo da ottemperare alle condizioni ambientali riportate nel Decreto di approvazione ambientale di VIA.

In dettaglio, si prevede di eseguire il dragaggio selettivo ambientale con due differenti metodologie:

- **Dragaggio di tipo meccanico con motonave autocaricante e scaricante con stiva/coperta di carico** a tenuta **“GD/GHD – Grab Dredger/Hopper Dredger”**, equipaggiata con escavatore a traliccio, **dotato di benna idraulica bivalve tipo ecograb per la rimozione degli strati di sedimenti in classe di “qualità D”**, costituiti esclusivamente da materiali sciolti (limi/sabbie con resti di posidonia);
- **Dragaggio di tipo idraulico con draga “CSD – Cutter Suction Dredger”**, per la rimozione dei sedimenti di classe di **“qualità A, B, C e D\*”**, da refluire direttamente in colmata, di potenza idonea in grado di dragare nella complessa successione stratigrafica del fondale di Livorno, **caratterizzato dalla presenza variegata di limi argillosi, limi sabbiosi con resti di posidonia, di sabbie/sabbie limose, di ghiaie/ghiaie limose e di calcareniti localmente cementata [cd “panchina”]**, molto articolata e discontinua in termini di estensione degli areali e di potenza degli spessori nonché variabile per compattezza. La draga “CSD”, come detto, dovrà avere una potenza al disgregatore elevata in modo da rimuovere anche gli strati compatti e rocciosi calcarenitici, che un dragaggio meccanico con draga “GD/GHD” non riesce ad eseguire ovvero con produzioni in alcun modo compatibili con il cronoprogramma del lavoro, attesa la volumetria complessive da dragare di oltre 15,5 milioni di m<sup>3</sup>. Pertanto, l'impiego della draga “CSD” consente di eseguire una parte sostanziale dell'intervento (> il 90% pari ad oltre 14.500.000 m<sup>3</sup>) nei tempi imposti dal cronoprogramma dei lavori in quanto è garantita una produzione effettiva attesa non inferiore ai 30.000 m<sup>3</sup>/giorno. **Trattandosi di una lavorazione eseguita parzialmente all'esterno delle nuove opere foranee (WBS 10), la ridotta estensione temporale della lavorazione ne riduce considerevolmente l'impatto, così come la limitata produzione di torbidità in zona di prelievo.** La tubazione di refluentamento sarà in parte galleggiante, per consentire il movimento della draga, ed in parte affondata o disposta a terra lungo le opere foranee; saranno previsti più punti di scarico per distribuire i sedimenti all'interno della colmata.

La draga tipo “GD/GHD” che sarà utilizzata riesce a garantire una produttività alta (circa 2.000/2.500 m<sup>3</sup> al giorno su un turno di 14 ore operative), perfettamente allineata ed ottimizzata per la gestione a terra in vasche temporanee in banchina, per il successivo carico e trasporto con mezzi terrestri nell'ambito dei due bacini impermeabilizzati di colmata. Infatti, il materiale depositato sarà ripreso da escavatori idraulici per essere caricato su camion che lo trasferiranno nei siti di destinazione.

La draga “GD/GHD” proposta è dotata di piloni idraulici di ormeggio/disormeggio rapido automatizzati, stiva di carico ed escavatore a funi di nuova generazione da 100 ton ed è equipaggiata con grappi idraulici con capacità di carico maggiore di 4,0 m<sup>3</sup>. Tutte le operazioni di dragaggio sono coadiuvate con un sistema di controllo integrato della posizione della nave e dell'attrezzatura dragante in DGPS satellitare in modo tale da garantire l'accuratezza selettiva dello scavo.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 43
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

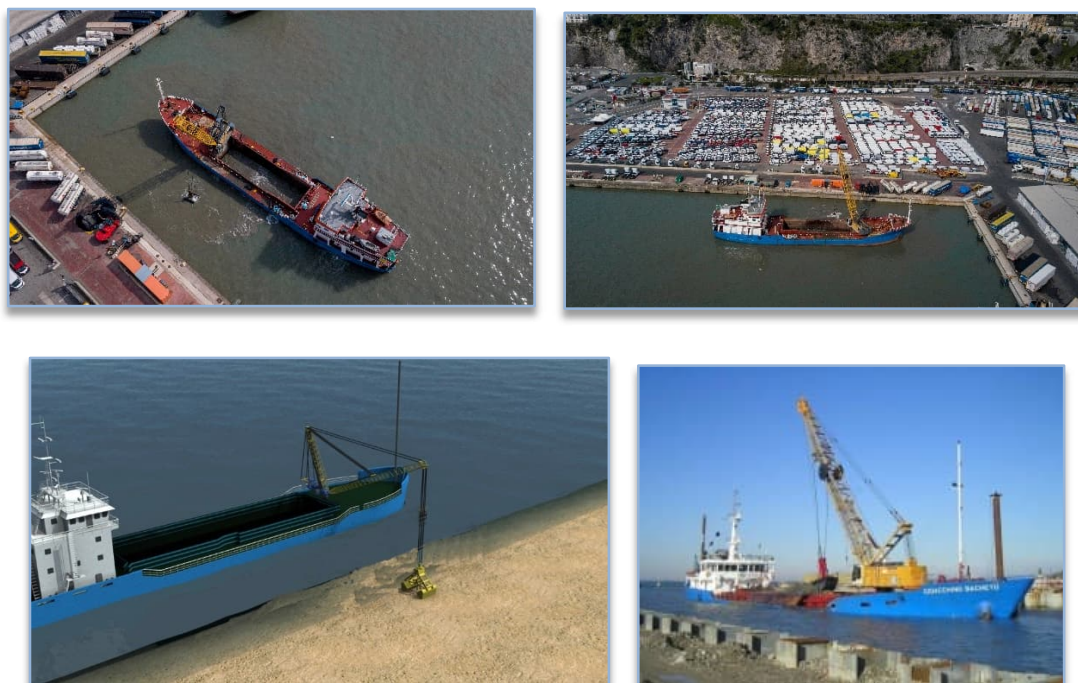


Figura 5-1 – Draghe semoventi autocaricanti/scaricanti a pozzo tipo “Grab Hopper Dredger GHD” in fase operativa.

Il materiale dragato meccanicamente con benna e stivato nel mezzo marittimo viene scaricato all’interno delle vasche provvisorie intermedie già presenti lungo il canale di accesso alla Darsena Toscana ovvero appositamente realizzate nell’ambito delle aree di cantiere nella parte interna della radice della nuova diga Nord, dove sarà allestito anche lo scarico dei materiali lapidei trasportati con mezzi marittimi.

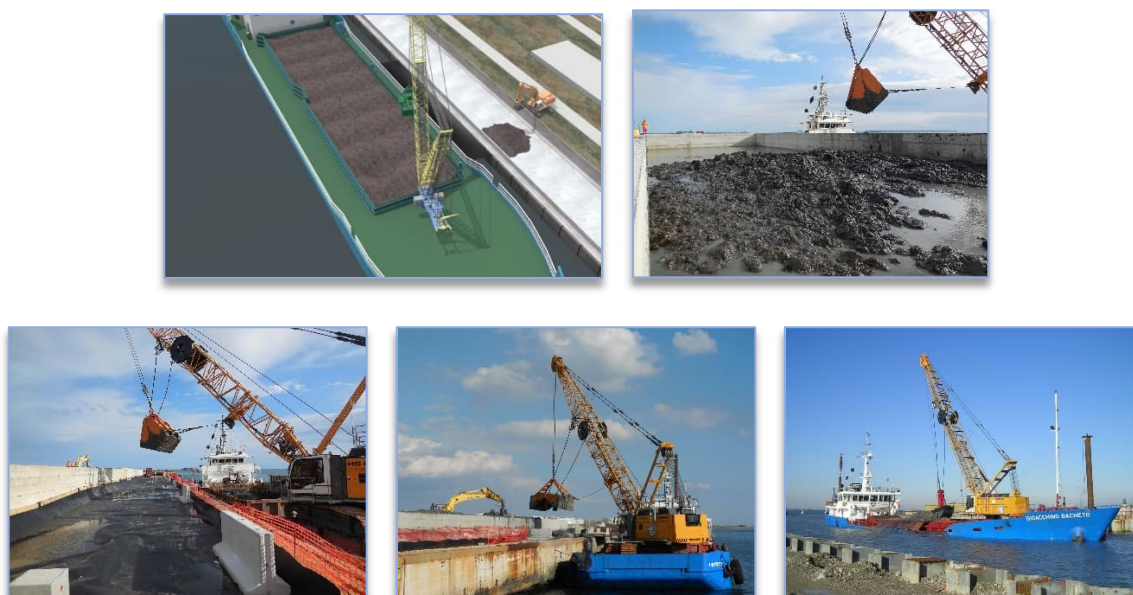


Figura 5-2 – Schema di scarico dei materiali di dragaggio con “GD/GHD- Grab Dredger/Hopper Dredger” nelle vasche di accumulo intermedie.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 44
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			



Figura 5-3 – trasporto dei sedimenti dragati in classe di qualità D con “GH/GHD – Grab Hopper Dredger” dalle vasche di accumulo intermedie previste in fase esecutiva ai bacini impermeabilizzati.

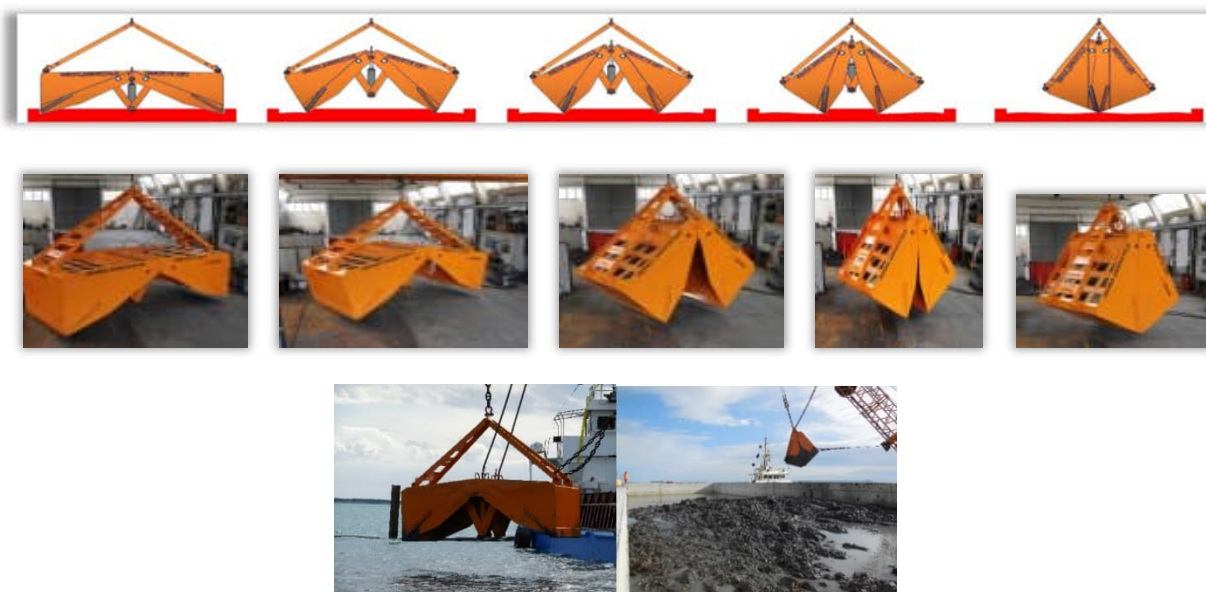


Figura 5-4 – Schema di funzionamento della benna ecograb™

Al contempo, per il principio della **“massima cautela ambientale”**, richiesto in tali situazioni e per assicurare in corso d’opera il pieno rispetto delle previsioni progettuali di rimuovere interamente il materiale in **“classe D”**, in considerazione dell’adiacenza degli strati a diverso livello di contaminazione, si prevede di rimuovere, con il medesimo sistema di dragaggio ambientale meccanico, altamente selettivo, anche tutti gli strati adiacenti, complanari e/o interclusi (sovrastanti/sottostanti per uno spessore di almeno 0,5 m), in **“classe A, B, C e D\*”**.

Tale procedura consente di avere l’assoluta certezza di aver discriminato l’intero quantitativo indicato nel progetto da collocare in colmata nelle vasche conterminate ed impermeabilizzate.

Per quanto relativo ai sedimenti n classe A,B,C,D\* si procederà alle operazioni di escavo mediante **dragaggio idraulico selettivo con draga aspirante e refluyente a disgregatore “CSD – cutter suction dredger”**, dotata una potente pompa con bocca di aspirazione posta a tergo ed ridosso del disgregatore, in grado di **captare il materiale disgregato/tagliato, costituito da una miscela di sedimento ed acqua.**

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 45
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Nella seguente figura si riporta la documentazione fotografica della tipologia di mezzi marittimi effossori individuati per il dragaggio selettivo di tipo idraulico.

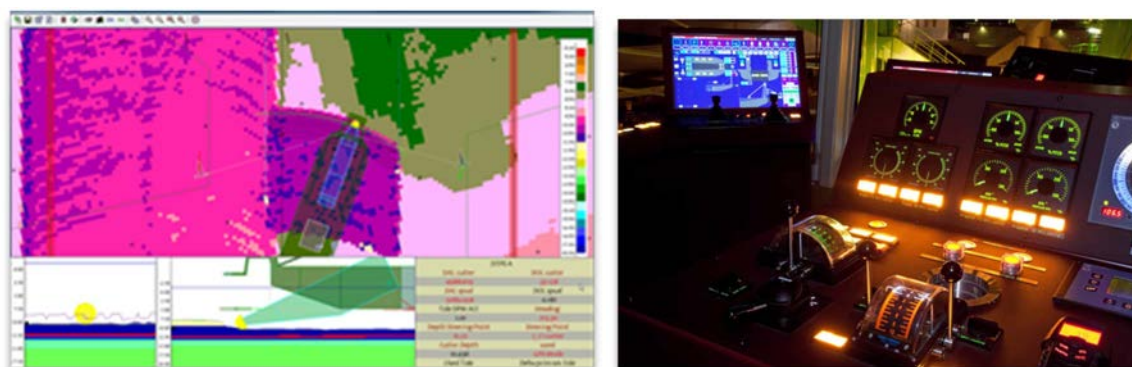


*Figura 5-5 – principio di funzionamento operativo del brandeggio di una draga “CSD” ed alcuni esempi dell’impiego del convoglio effossorio semovente con rimorchiatore di assistenza*

La “CSD” opera per tagli complanari per strati successivi riducendo e limitando al minimo l’overdredging.

Con tale tecnologia si ottiene una precisione nel dragaggio “decimetrica” tale da garantire una tolleranza verticale inferiore a 15 cm. Il sistema automatizzato di controllo dell’elinda consente di rimuovere il materiale anche seguendo il profilo di progetto delle scarpate e realizzando pertanto un’accurata pendenza.

Si evidenzia che le draghe “CSD” sono attrezzate ed equipaggiate con tutte le tecnologie di posizionamento di ultima generazione. La draga “CSD” dispone di un sistema automatizzato di bordo, chiamato “SCADA”, che monitora costantemente tutti i parametri del mezzo e della miscela aspirata, garantendo in ciascun istante l’ottimizzazione del processo di escavo, oltre che la massima precisione nel profilo di dragaggio.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 46
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

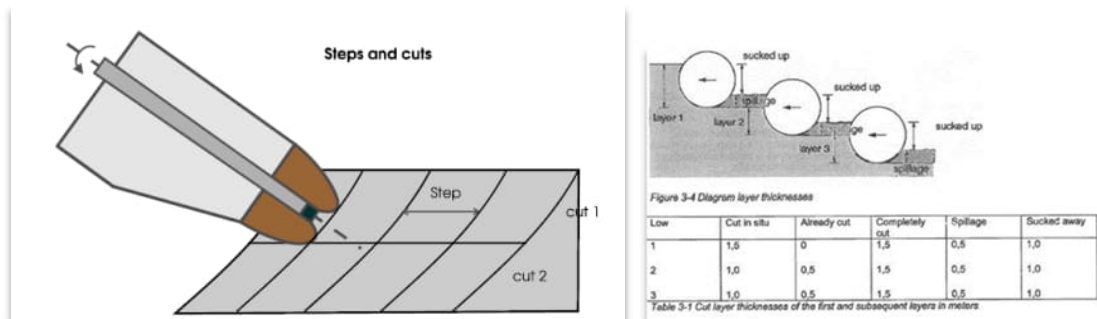


Figura 5-6 – principio consolle di controllo “sistema SCADA” e schematizzazione dragaggio layer sottili con draga CSD.

In particolare, dapprima si disgrega il sedimento da rimuovere mediante una testa fresante a rotazione, il materiale viene, quindi, aspirato in una tubazione DN 600/900 (in parte galleggiante), mediante una pompa centrifuga, e trasportato idraulicamente sino alla vasca di refluitamento.

Il sistema di dragaggio impiegato, così dimensionato, risponde a specifici requisiti finalizzati alla minimizzazione degli impatti sull’ambiente circostante con la prevenzione della perdita di materiale (“spill”), dell’incremento di torbidità e della dispersione delle sostanze rimosse quali:

- elevata selettività e precisione nel posizionamento e nel taglio;
- un sistema di posizionamento ad elevata precisione e di monitoraggio in tempo reale della posizione nello spazio del sistema dragante e, più in particolare, del disgregatore, permette la realizzazione di un profilo di scavo accurato.
- **il mezzo impiegato consente, ottimizzando la combinazione di portata della pompa e velocità di rotazione del disgregatore in funzione delle caratteristiche del sedimento in situ, di convogliare tutto il materiale rimosso all’interno della condotta di refluitamento minimizzando la migrazione dei fini in sospensione nell’ambiente marino circostante.**

**In particolare, il taglio dei materiali nelle formazioni litologiche compatte (strati in calcarenite “cd. Panchina” ed argillosi) determina una diffusione limitatissima nella colonna d’acqua al contorno della testa dragante, in quanto il materiale “disgaggiato e scagliettato” in elementi grossolani è “trascinato” e “convogliato” interamente nella bocca di aspirazione.**

Altresì, anche operando negli strati di sedimenti sciolti, la “nuvola di torbidità” risulta limitata esclusivamente sullo strato profondo a contatto con il fondale, in relazione alle caratteristiche granulometrica del materiale intercettato (diffusione decrescente dai limi con materiali organici a sabbie).

Si evidenzia che comunque la torbidità è sempre limitata nello strato profondo a contatto con il fondale per uno spessore di colonna d’acqua interessato di circa 5 m, con tempi di deposito al contorno limitati e non intercettati dalle correnti superficiali prevalentemente legate all’azione del moto ondoso, che potrebbero maggiormente espandere la diffusione della torbidità.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 47
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Al riguardo, si riporta una rappresentazione grafica della turbolenza generata localmente del disgregatore in relazione alle caratteristiche geotecniche dei sedimenti e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga ed uno studio della potenziale diffusione della torbidità che si prevede al momento della rimozione dei sedimenti sciolti con un dragaggio idraulico selettivo con “CSD”.

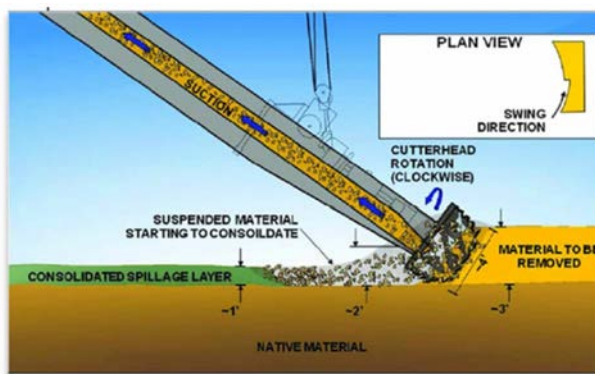


Figura 5-7 – rappresentazione schematica della turbolenza generata localmente del disgregatore e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga.

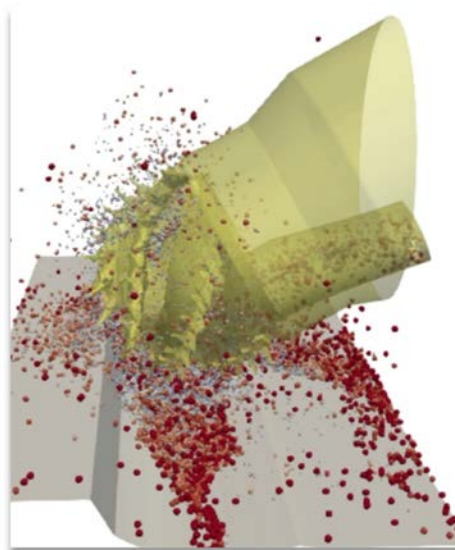


Figura 5-8 – rappresentazione grafica da simulazione numerica della turbolenza generata localmente del disgregatore in relazione alle caratteristiche geotecniche dei sedimenti e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 48
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Di seguito si riporta la successione temporale delle macrofasi di dragaggio previste operativamente:

**Macro fase 1):** dragaggio finalizzato alla preparazione del piano di imposta delle opere: verrà dapprima dragata (dragaggio meccanico) l'area della porzione di argine interno della colmata (WBS4b) necessario per realizzare la prima vasca conterminata (WBS 9b'). Senza soluzione di continuità si procederà con il dragaggio meccanico a benna con Ecograb, per i sedimenti in classe D afferenti agli imbasamenti delle opere WBS2a, WBS2b, WBS 6. In questa fase saranno coinvolte le maglie F1\_P152, F1\_P155, F1\_P158 e F1\_P102. I sedimenti di questa prima fase di scavo verranno collocati, temporaneamente, all'interno della colmata esistente. Il materiale versato verrà opportunamente separato dal materiale già presente in vasca mediante l'interposizione di un geotessile.

**Macro fase 2):** dragaggio finalizzato alla preparazione del piano di imposta delle opere: verranno dragate (dragaggio idraulico ed in parte meccanico a benna) le aree della Diga Nord WBS 2b e WBS 2a. Prima dell'avvio di questa fase di dragaggio sarà realizzato l'argine interno WBS8, così da poter collocare i sedimenti scavati di classe A, B, C, e D\* nell'area della WBS 9b'.

**Macro fase 3):** dragaggio finalizzato alla preparazione del piano di imposta delle opere: verranno dragate (dragaggio idraulico ed in parte meccanico a benna) le aree della diga Nord afferenti alla WBS1 e le aree della Nuova Diga della Meloria (WBS 6). I materiali saranno collocati nella vasca WBS 9b'. Parallelamente alla costruzione della WBS 6, si procederà con lo smontaggio della diga della Meloria (WBS 7).

**Macro fase 4):** dragaggio finalizzato alla preparazione del piano di imposta delle opere: verranno dragate (dragaggio idraulico ed in parte meccanico a benna) le aree dell'argine interno della colmata (WBS 4a e restante parte della WBS 4b). I sedimenti scavati verranno collocati nell'area della vasca WBS 9b'.

**Macro fase 5):** dragaggio idraulico del canale di accesso e del bacino interno (WBS 10, WBS11, WBS 12, WBS 7 e WBS 13). Saranno dragati idraulicamente (con draga CSD) e refluiti direttamente in colmata i sedimenti di classe A, B, C e D\*. Sarà eseguito un dragaggio idraulico selettivo che consentirà il dragaggio prioritario delle aree dove è prevista una maggiore concentrazione di materiali idonei per la costruzione degli argini interni WBS8a e WBS8b (divisione in subcolmate WBS 9a, WBS 9b", WBS 9b""), quindi materiale tipo ghiaie/ghiaie limose e di calcareniti prevalentemente localizzato in corrispondenza delle WBS 10 e WBS11. Una volta realizzati gli argini, e definita la divisione in subcolmate, si procederà con il dragaggio idraulico delle restanti porzioni delle WBS 10, WBS11, WBS 12, WBS 7 e WBS 13, i sedimenti non utilizzati per la costruzione degli argini saranno collocati nelle vasche di colmata WBS 9b""", WBS9b"". Parallelamente, sarà eseguita l'impermeabilizzazione della vasca WBS9a.

**Si evidenzia come in tale fase, nella quale è prevista la movimentazione di circa il 90% dell'intero volume di dragaggio, saranno già presenti le opere foranee; l'impatto generato dall'eventuale ri-sospensione dei sedimenti e/o della torbidità generata attorno al punto di prelievo saranno pertanto ulteriormente limitati all'interno del nuovo bacino senza avere influenze sulle specie sensibili presenti nell'area.**

**Macro fase 6):** Una volta eseguita l'impermeabilizzazione della vasca WBS9a, sarà possibile procedere con il dragaggio selettivo con benna con Ecograb, del solo materiale in "classe D" presente nelle WBS 12 e WBS 13, questo sarà direttamente collocato nella vasca impermeabilizzata WBS 9a.

Si ricorda che, in tale fase, le maglie interessate dal materiale in classe D ricadono nelle WBS12 (F1\_P53 e F1\_P129) e WBS13 (F1\_P42).



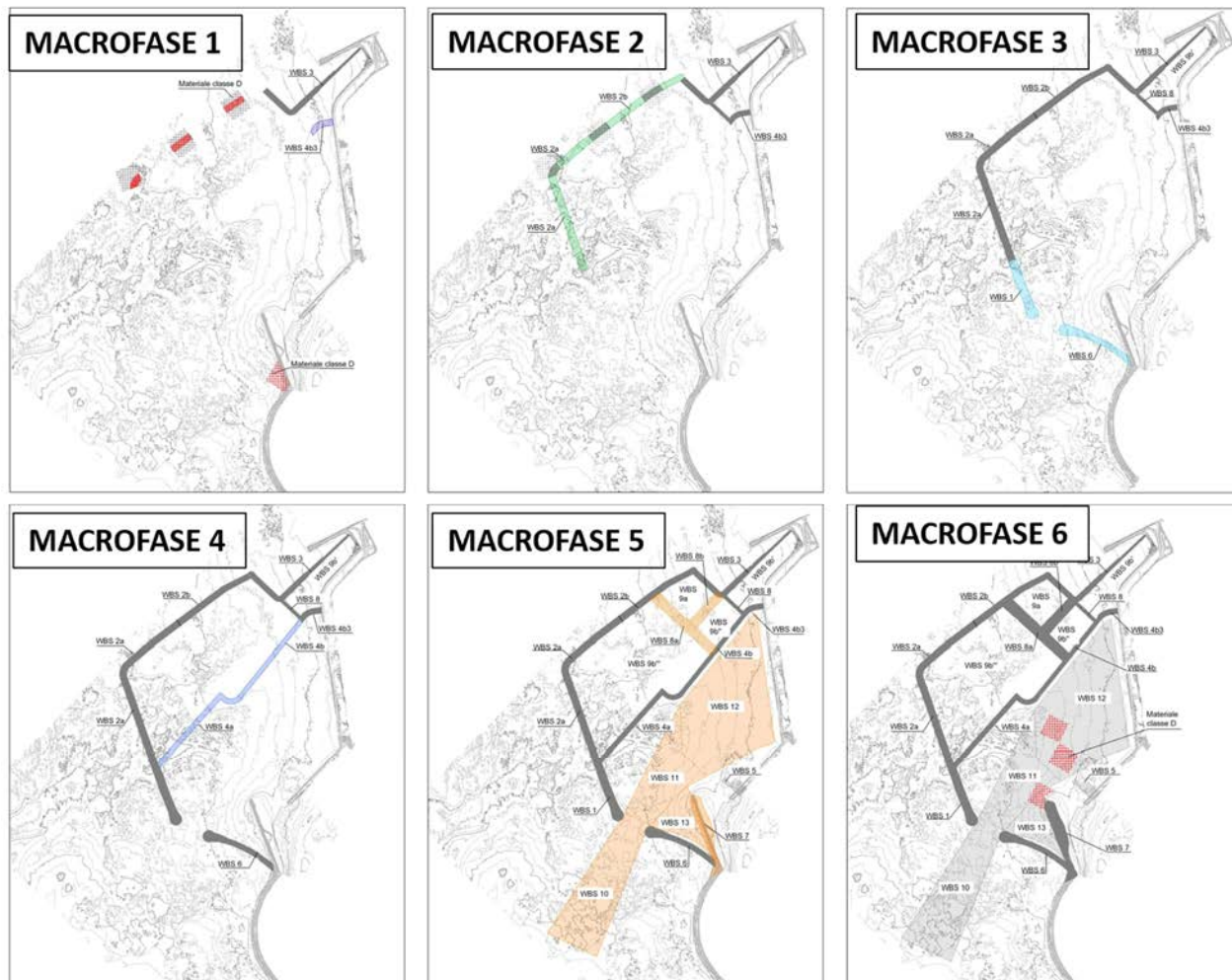


Figura 5-9 – Suddivisione in macro-fasi degli interventi di dragaggio.

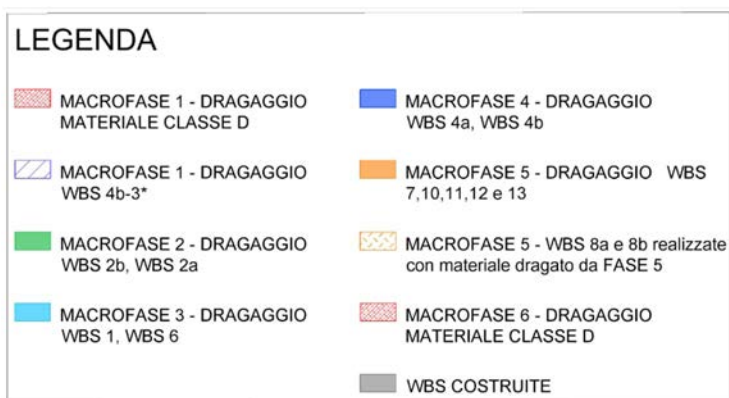


Figura 5-10 – Legenda fasi di dragaggio

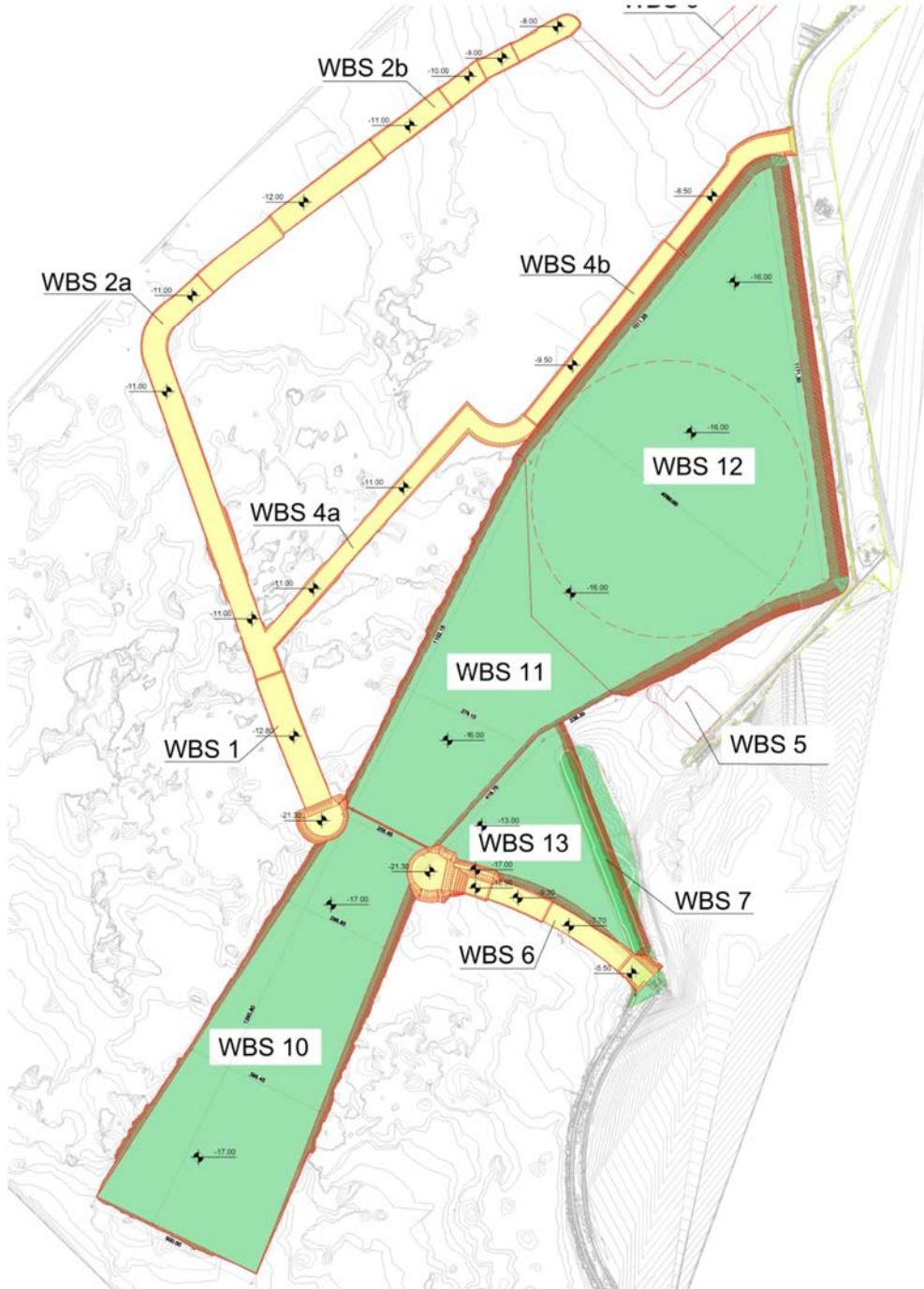


Figura 5-11 Planimetria aree di rilievo e profondità di dragaggio

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 51
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

## 5.1 MODELLAZIONI PER LA VERIFICA DELLA DIFFUSIONE DEL PLUME

Ai fini della redazione del Progetto Esecutivo, per una migliore definizione delle aree interessate dal plume generato dalle operazioni di dragaggio, anche in ottemperanza a quanto indicato nel Parere ministeriale n. 526 del 11/12/2024, nel quale venivano richiesti approfondimenti in relazione alle ipotesi di rilascio e risospensione del sedimento a seguito delle operazioni con mezzo dragante tipo CSD, che prendessero in considerazione le effettive modalità operative del mezzo dragante, sono state condotte simulazioni numeriche con l'ausilio del software di calcolo SeaLab Modelling – Plume (<https://sealab.be/>).

Il modello di calcolo è stato sviluppato tenendo conto della discretizzazione temporale delle operazioni, pertanto in tutte le simulazioni è stato considerato il **tempo effettivo di dragaggio basato sulle produzioni attese del mezzo dragante**.

Le analisi condotte hanno consentito di simulare gli effetti indotti dal dragaggio nel breve e medio termine, in termini sia di solidi sospesi (mg/l) che di sedimentazione (TSS).

Tali parametri sono infatti entrambi fondamentali per il rispetto dei valori di riferimento che andranno monitorati durante le fasi operative di dragaggio, in ottemperanza a quanto descritto nel PMA.

Le simulazioni condotte sono state altresì utilizzate per la validazione del posizionamento delle stazioni di misura, così come proposte nel Piano di Monitoraggio Ambientale della presente fase progettuale (1233-PE-0-0-AMB-R-022-0).

Nell'ambito delle simulazioni numeriche condotte, sono stati considerati i seguenti fattori:

- per tutte le simulazioni è stato considerato un dragaggio di tipo idraulico con CSD;
- le simulazioni sono state condotte utilizzando condizioni di vento limite per l'operabilità in mare del mezzo dragante, quindi, cautelativamente rappresentative delle reali operazioni di escavo.  
In dettaglio, sono stati considerati i settori S-W (Libeccio) e N-E (Grecale), quali maggiormente rappresentativi delle condizioni di vento interferenti con l'area di interesse.
- per ognuno dei settori di dragaggio analizzati, le modellazioni sono state condotte assumendo tuzioristicamente che tutto il dragaggio interessasse esclusivamente la componente di terreno più fine presente nel settore di dragaggio in esame, così come desumibile dalle sezioni geologiche e dall'analisi approfondita dei risultati dei numerosi BH presenti nelle aree di interesse (nella fattispecie sono stati considerati Limi sabbiosi con resti di posidonia oceanica e LS ed Argille limose- LA).  
Tale condizione si ritiene essere estremamente cautelativa per i fenomeni di diffusione del sedimento sospendibile, atteso che, come già esplicitato nei precedenti paragrafi, la sospensione dei sedimenti dragati con tecnologia CSD è estremamente dipendente dalla granulometria del sedimento dragato.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 52
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

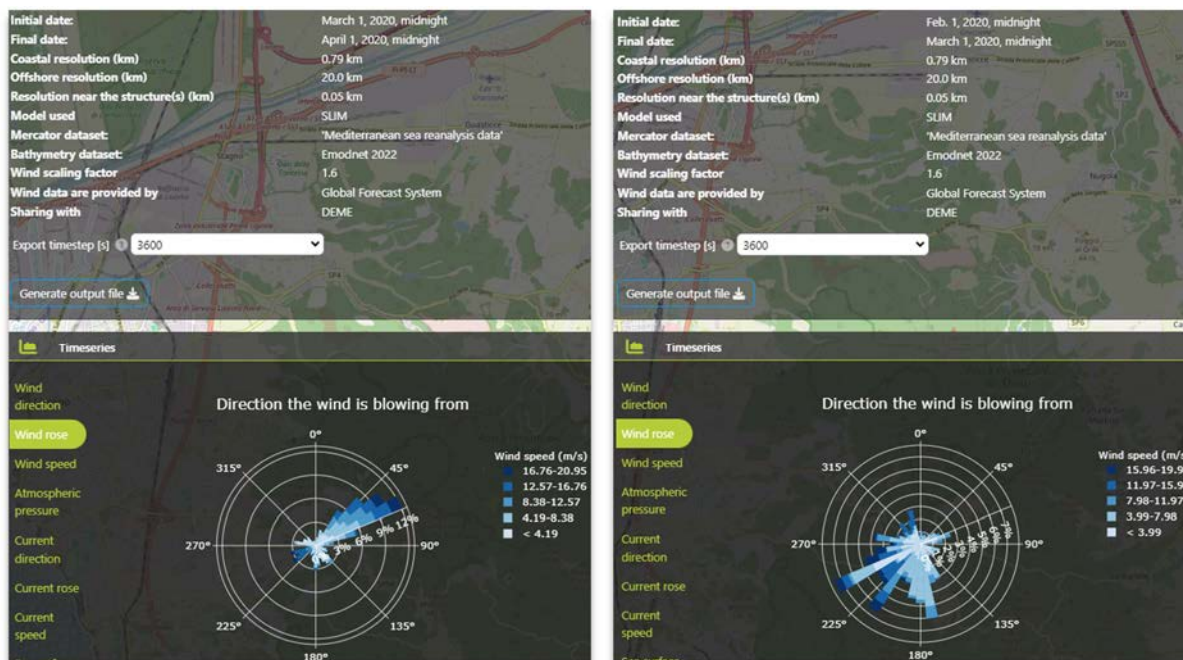


Figura 5-12 Dati di vento utilizzati nelle simulazioni

LS							LA						
Soil fractions:	In situ fraction	Overflow fraction	Grain density	Grain size	Settling velocity	Critical velocity	Soil fractions:	In situ fraction	Overflow fraction	Grain density	Grain size	Settling velocity	Critical velocity
edit	[%]	[%]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[µm]	[mm/s]	[m/s]	edit	[%]	[%]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[µm]	[mm/s]	[m/s]
	29.0	29.0	2650.0	20.0	0.25	0.15		33.0	33.0	2650.0	20.0	0.25	0.15
	28.0	28.0	2650.0	40.0	1.0	0.15		34.0	34.0	2650.0	40.0	1.0	0.15
	43.0	43.0	2650.0	2.0	0.1	0.15		33.0	33.0	2650.0	2.0	0.1	0.15
Properties:	In situ saturated density:					1650.0 [kg/m <sup>3</sup> ]	Properties:	In situ saturated density:					1860.0 [kg/m <sup>3</sup> ]
edit	In situ dry density:					1019.23 [kg/m <sup>3</sup> ]	edit	In situ dry density:					1361.69 [kg/m <sup>3</sup> ]
	Sedimentation saturated density:					1250.0 [kg/m <sup>3</sup> ]		Sedimentation saturated density:					1250.0 [kg/m <sup>3</sup> ]
	Sedimentation dry density:					366.92 [kg/m <sup>3</sup> ]		Sedimentation dry density:					366.92 [kg/m <sup>3</sup> ]
	Percentage of fines content in the in situ soil:					68.0 [%]		Percentage of fines content in the in situ soil:					79.0 [%]

Figura 5-13 Dati di input dei terreni utilizzati nelle simulazioni (LS per WBS 2, WBS 10, LA per WBS 10)

Le analisi sono state condotte su n.3 differenti ubicazioni, valevoli per il canale d'accesso, i bacini interni ed il dragaggio degli imbasamenti, così come di seguito specificato:

- Scenario 1 (dragaggio WBS11):** tale fase è stata ritenuta rappresentativa del dragaggio all'interno del nuovo bacino portuale in quanto, sviluppandosi nell'area più esterna dello stesso rappresenta il momento con il maggiore impatto potenziale sui recettori sensibili (aree sterne al bacino).  
Durata considerata per il percorso simulato: 2 mesi.
- Scenario 2 (dragaggio WBS10):** l'ubicazione della WBS 10 (nuovo canale di accesso) rappresenta l'area più esterna alle nuove opere foranee ed inoltre la più vicina ai recettori sensibili maggiormente attenzionati (limite posidonia e secche della Meloria).  
Durata considerata per il percorso simulato: 2 mesi.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 53
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

- **Scenario 3** (*dragaggio WBS 2a-2b*): la simulazione del dragaggio con CSD delle cunette di imbasamento è stato condotto al fine di analizzare gli eventuali impatti ed interferenza in relazione alla stazione Scolmatore ed agli altri target sensibili.

Durata considerata per il percorso simulato: 1 mese (cautelativamente si è assunto per il dragaggio degli imbasamenti un tasso di produzione inferiore).

**Le simulazioni hanno consentito di analizzare l’impatto continuo e cumulativo nelle aree di interesse per la durata stimata del dragaggio, simulando il percorso della draga per un determinato intervallo di tempo, coerentemente a quanto riportato nel cronoprogramma di dragaggio.**

Si riportano sinteticamente nel seguito i risultati delle simulazioni, espressi in forma grafica sia in funzione del percentile di TSS (mg/l) che dello spessore di sedimentazione atteso.

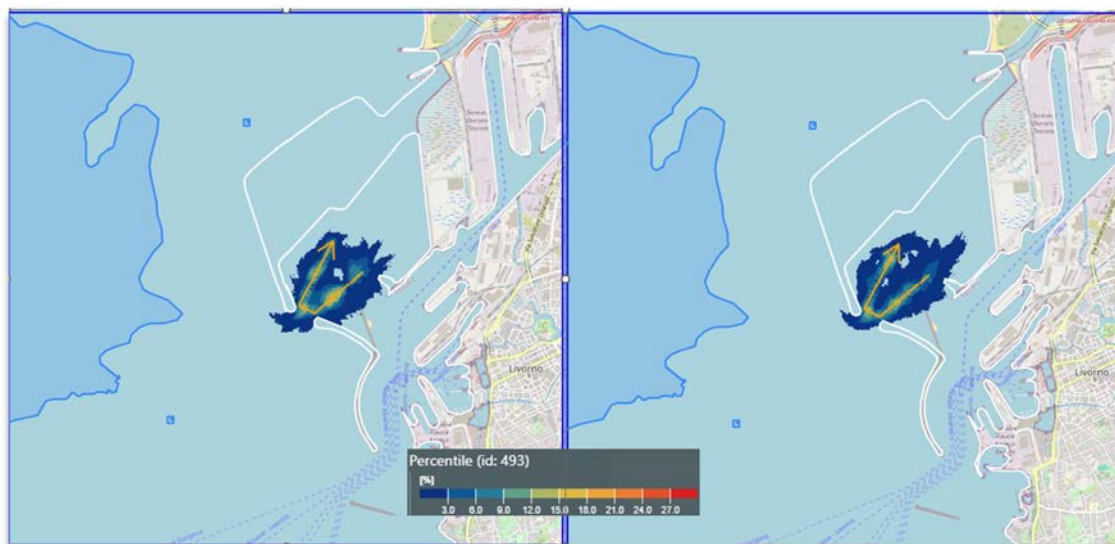


Figura 5-14 - SCENARIO 1: mappa percentile 30 mg/l – Si riportano nella mappa il limite della posidonia (2023) e le stazioni di monitoraggio Meloria e Scolmatore



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospeso –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 54
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

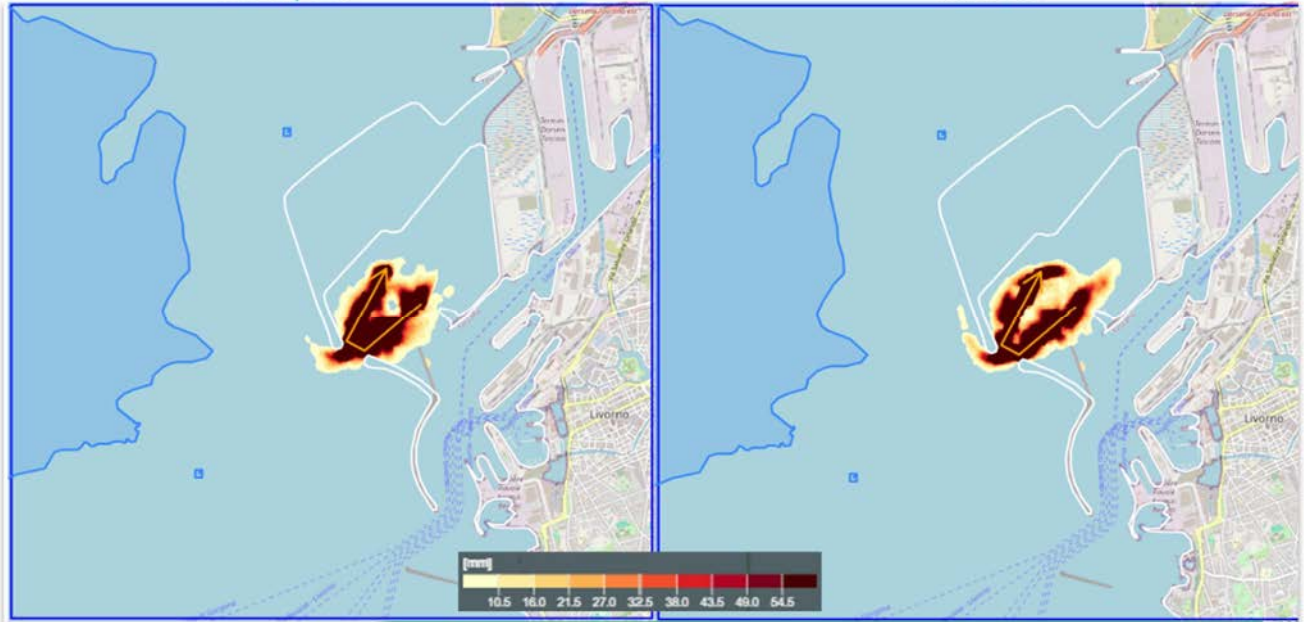


Figura 5-15 - SCENARIO 1: mappa dei tassi di sedimentazione indotti da dragaggio. Si riportano nella mappa il limite della posidonia (2023) e le stazioni di monitoraggio Meloria e Scolmatore

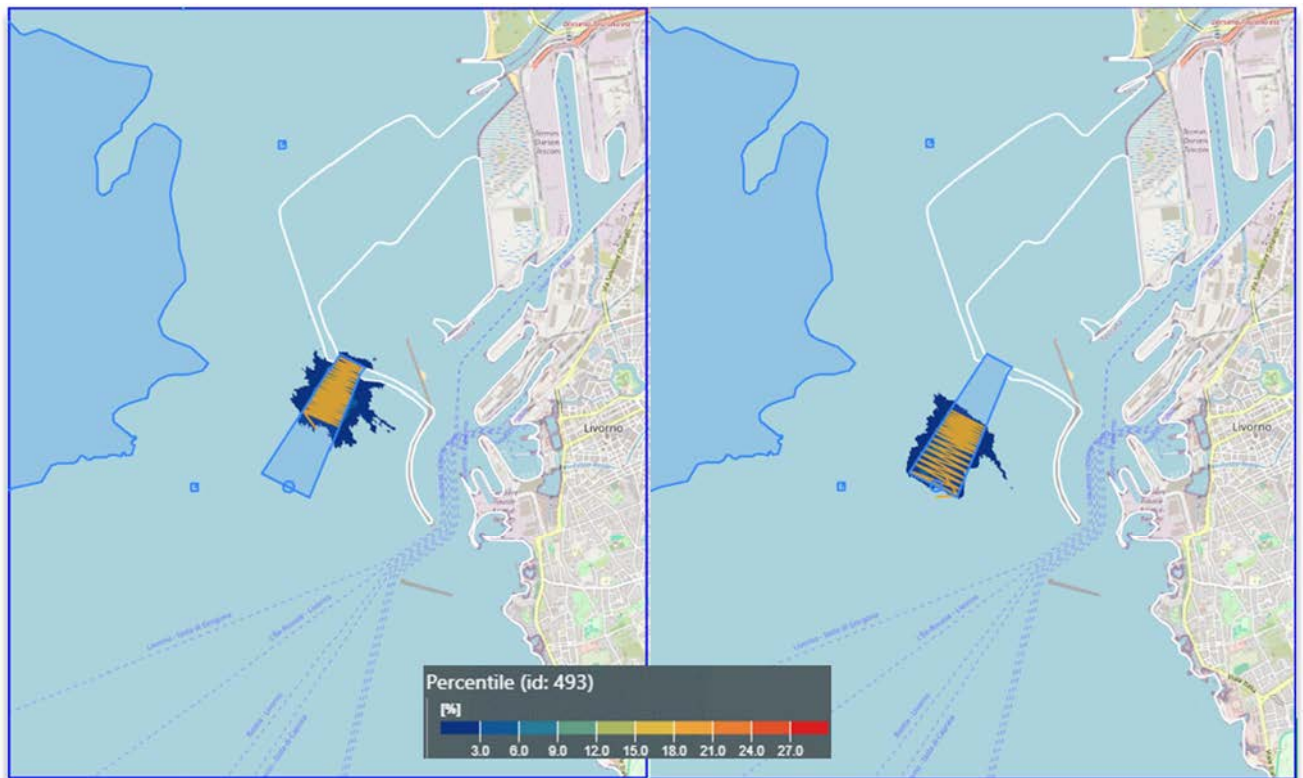


Figura 5-16 - SCENARIO 2: mappa percentile 30 mg/l. Si riportano nella mappa il limite della posidonia (2023) e le stazioni di monitoraggio Meloria e Scolmatore

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 55
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

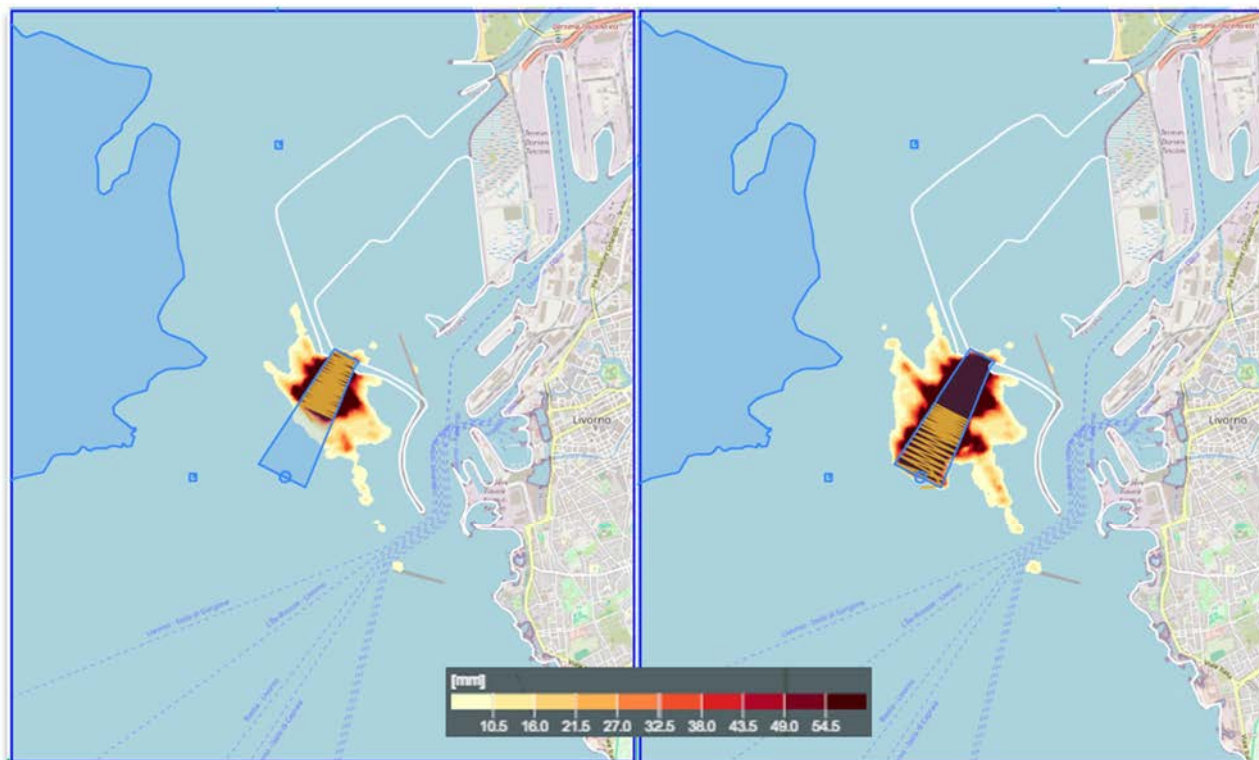


Figura 5-17 - SCENARIO 2: mappa dei tassi di sedimentazione indotti da dragaggio (a dx cumulativo per tutto il dragaggio della WBS 10). Si riportano nella mappa il limite della posidonia (2023) e le stazioni di monitoraggio Meloria e Scolmatore

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 56
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

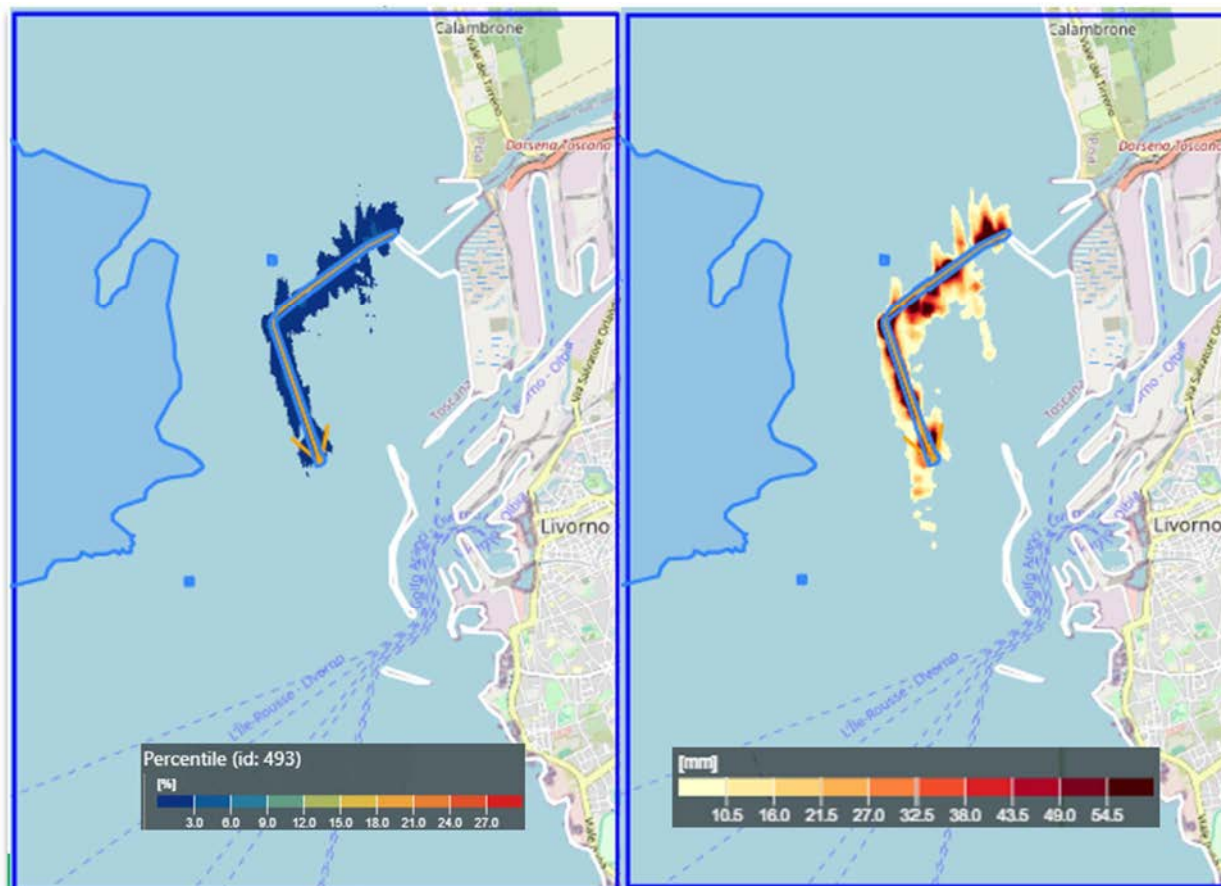


Figura 5-18 - SCENARIO 3: mappa del percentile 30 mg/l (sx) tassi di sedimentazione indotti da dragaggio(dx).

Come si evince dai risultati delle simulazioni, i valori di solidi sospesi (mg/l) che eccedano il valore di 30 mg/l (definito come valore minimo di soglia presso la stazione MELORIA) sono estremamente limitati all'intorno dell'area di dragaggio, con una probabilità di superamento all'esterno dell'area di dragaggio sempre **inferiore al 5% già a 20-30 m dalla traiettoria del mezzo dragante**.

Analogamente, per quanto concerne la deposizione dei sedimenti in ri-sospensione, si può notare come questo fenomeno sia sempre localizzato nell'intorno dell'area di lavoro della CSD, mentre una sedimentazione con una distribuzione areale maggiore, e comunque sempre in un intorno limitato dell'area di lavoro, è sempre inferiore ad un tasso di sedimentazione di 10mm, pertanto sensibilmente inferiore ai valori soglia individuati in corrispondenza delle aree sensibili di posidonia oceanica.

**Si evince pertanto come sia i solidi sospesi che le aree interessate dalla sedimentazione del materiale in ri-sospensione siano sempre limitati nell'intorno prossimo dell'area di dragaggio e pertanto mai interferenti con gli habitat delle specie sensibili.**

Si sottolinea inoltre che le simulazioni hanno tenuto conto dei fenomeni di ri-sospensione e sedimentazione in condizioni meteorologiche limite durante l'intero periodo considerato, tale condizione si ritiene estremamente sfavorevole, a garanzia della cautelatività dei risultati ottenuti.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 57
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Con riferimento alla ri-sospensione dei sedimenti durante i dragaggi, considerato comunque che, come esposto, la tecnica di dragaggio con la draga idraulica di tipo CSD genera una torbidità “non trascurabile” al fondo attorno al punto di prelievo (negli strati più profondi e meno mobili della colonna d’acqua) a causa dell’azione meccanica della testa disgregante operata dalla rotazione delle frese, quando attraversa stratificazioni di sedimenti sciolti non compatti (limi), **si prevede d’implementare il piano di monitoraggio** durante le fasi di dragaggio con “CSD”, quando si opera in strati litografici sedimentari di recente deposizione.

Pertanto, **a verifica e conforto delle ipotesi dei tempi di sedimentazione dei materiali “sito-specifici”, con i risultati del modello di simulazione della diffusione della torbidità nella colonna d’acqua dei sedimenti risospesi individuato e della correttezza delle procedure operative esecutive, si prevede d’implementare il piano di monitoraggio durante le fasi di dragaggio con “CSD”, effettuando misure di torbidità in stazioni mobili disposte a 50/60 m, oltre i limiti dell’area di dragaggio adiacenti al singolo settore operativo, per ogni giorno operativo del dragaggio idraulico con cadenza periodica ogni 24 ore, lungo almeno due profili a NW ed a SE delle successive aree di lavoro, con misure della torbidità a quota –2,0 e –5,0 m.s.l.m.m..**

Nel paragrafo successivo si riporta lo schema tipologico operativo del monitoraggio integrativo della torbidità da effettuare durante le attività di dragaggio idraulico con “CSD”.

Con riferimento all’interferenza della ri-sospensione indotta dai dragaggi con quella causata dagli apporti dallo scolmatore e sulle modalità con cui la variazione del gradiente di temperatura (densità) è stata considerata per la modellazione della variabilità dei pennacchi l’assenza di valutazioni sul verificarsi di possibili anomalie dovute dagli apporti dallo scolmatore.

Come detto, la maggior parte dei dragaggi verrà effettuata con una draga idraulica tipo “CSD” che sviluppa una ri-sospensione dei sedimenti limitata negli strati più profondi della colonna d’acqua, la cui dinamica è sostanzialmente estranea agli effetti dell’immissione di portate di acqua dolce da parte dello Scolmatore.

Le portate di qualche rilevanza sono peraltro associate ad eventi assolutamente episodici (meno di uno all’anno, in media). Si precisa che la frazione di dragaggi che potenzialmente potrebbe interferire con la dinamica della lente di acqua dolce superficiale è limitata alla realizzazione dello scavo di imbasamento della nuova Diga Nord.

Si tratta di una frazione estremamente ridotta del dragaggio complessivo e, anche in questo caso, il plume generato in una matrice di acqua salata tenderà ad adagiarsi sul fondo e interferirà quindi in maniera ritenuta insignificante con la dinamica delle acque dolci superficiali. Si ritiene, infine, presumibile che le piene dello Scolmatore avvengano nell’ambito di un quadro meteorologico particolarmente sfavorevole, all’interno del quale è più che probabile che l’attività dei convogli effossori è di fatto preclusa ed interrotta per avverse condizioni meteomarine.

Simili considerazioni possono essere sviluppate in merito alla rilevanza della stratificazione verticale (temperatura) nello sviluppo del plume. La stratificazione interessa i fondali più profondi e potrebbe essere interferente solo per l’escavo del canale di accesso, dove tuttavia l’impiego della draga CSD e lo sviluppo del plume interessano quasi esclusivamente gli strati più profondi.

Per tutti i motivi sopra esposti, sostanzialmente relativi a circostanze concomitanti, fortemente variabili in natura sia spazialmente che temporaneamente, la tematica dell’interferenza della ri-sospensione da dragaggio con quella causata dagli apporti dallo scolmatore è da ritenersi non rilevante ai fini di determinare impatti negativi al contorno. Tuttavia, per porre un livello di massima cautela rispetto al verificarsi di scenari imprevisti viene adottato un livello di prevenzione addizionale, consistente nell’introdurre ulteriori stazioni fisse per il raffittimento della rete di sensori nel monitoraggio in corso d’opera (rif. Piano di Monitoraggio Ambientale 1233-PE-0-0-AMB-R-022-0).



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	58

Le operazioni di dragaggio saranno in ogni caso ottimizzate attraverso l'applicazione del software ECOPLUME® (software proprietario in uso da parte dell'Appaltatore) che permette di pianificare di lavoro in anticipo in base alle condizioni meteomarine previste nell'area; il software è basato su modelli numerici idrodinamici e di trasporto di sedimenti per simulazioni delle condizioni idrodinamiche nel breve termine (previsioni giornaliere), che può essere tarato utilizzando i parametri di funzionamento rilevati e i valori di soglia prefissati, in modo da aggiornare dinamicamente il piano di dragaggio per meglio adattarlo alle condizioni climatiche ed ambientali.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 59
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

## 6 MONITORAGGIO AMBIENTALE INTEGRATIVO DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'ESCAVO IDRAULICO CON DRAGA "CSD"

Al fine di valutare gli effetti delle operazioni di dragaggio sui recettori sensibili, si applicano le procedure individuate nel documento “*Assessing and evaluating environmental turbidity limits for dredging*” – *Terra et aqua – 2020*”, che seguono il diagramma di flusso riportato nella seguente figura.



Figura 6-1 – Diagramma di flusso per definire le soglie di allerta sui recettori sensibili

Relativamente all'identificazione dei recettori sensibili e dei parametri che ne possono influenzare la dinamica, si rimanda ai documenti specifici della valutazione ambientale. In questo paragrafo si forniscono indicazioni su come determinare i valori di soglia che creano danni ai recettori ed i livelli di allerta su cui impostare attività di mitigazione e/o verifiche supplementari.

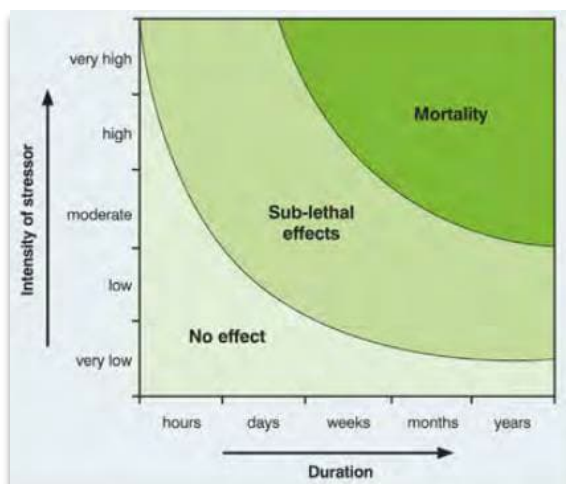


Figura 6-2 – Relazione intensità-durata degli effetti ambientali [Erftemeijer, P.L.A. and Lewis, R.R. (2006) *Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. Marine Pollution Bulletin. Vol. 52, no. 12, pp. 1553-1572*].

Come noto, la valutazione degli effetti deve necessariamente considerare diversi aspetti delle perturbazioni ambientali apportate, non solo in termini di intensità, ma anche in termini di durata e frequenza degli eventi eccedenti i livelli definiti. In sintesi: **“Basse durate di effetti da moderati ad intensi, infatti, non producono effetti significativi”**.

La torbidità genera effetti sui processi di fotosintesi delle fanerogame e, di conseguenza, risulta il parametro principale da considerare. Come evidenziato in “*Erftemeijer, P.L.A. and Lewis, R.R. (2006)*”, la soglia critica di luminosità al fondo per la Posidonia oceanica è intorno all'10%. Tale valore risulta analogo anche per la “*Cymodocea nodosa*”.

La medesima pubblicazione individua tassi di sedimentazione che sono ritenuti critici per varie fanerogame. In particolare, come riportato nelle figure seguenti, per la posidonia oceanica, si individuano valori

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 60
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

di circa 5 cm/anno. Un recente studio sulla “Sedimentazione nelle praterie di *Posidonia Oceanica* (L.) *Delide*”, pubblicato sulla rivista dei Biologi Italiani (gennaio 2017), ha comunque evidenziato come interrimenti dell’ordine di 4-5 cm determinino una mortalità di circa il 50%.

Assumendo cautelativamente che il tasso di deposizione critica sia quello per cui l’interrimento supera la capacità di crescita verticale dei rizomi ortotropi, si può assumere un valore pari a circa 1.5 cm/anno.

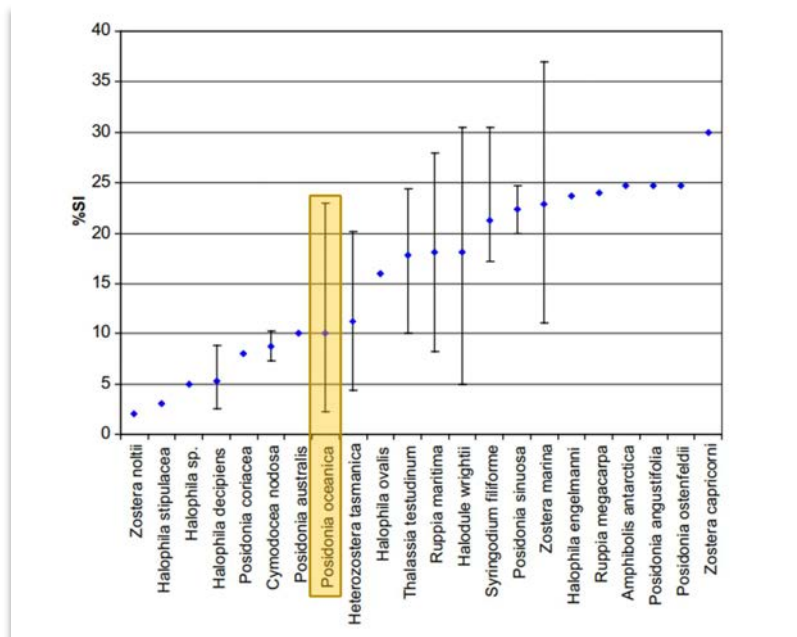


Figura 6-3 – Range di variazione delle soglie di luminosità critica (% della irradianza di superficie -SI) per varie specie di fanerogame.

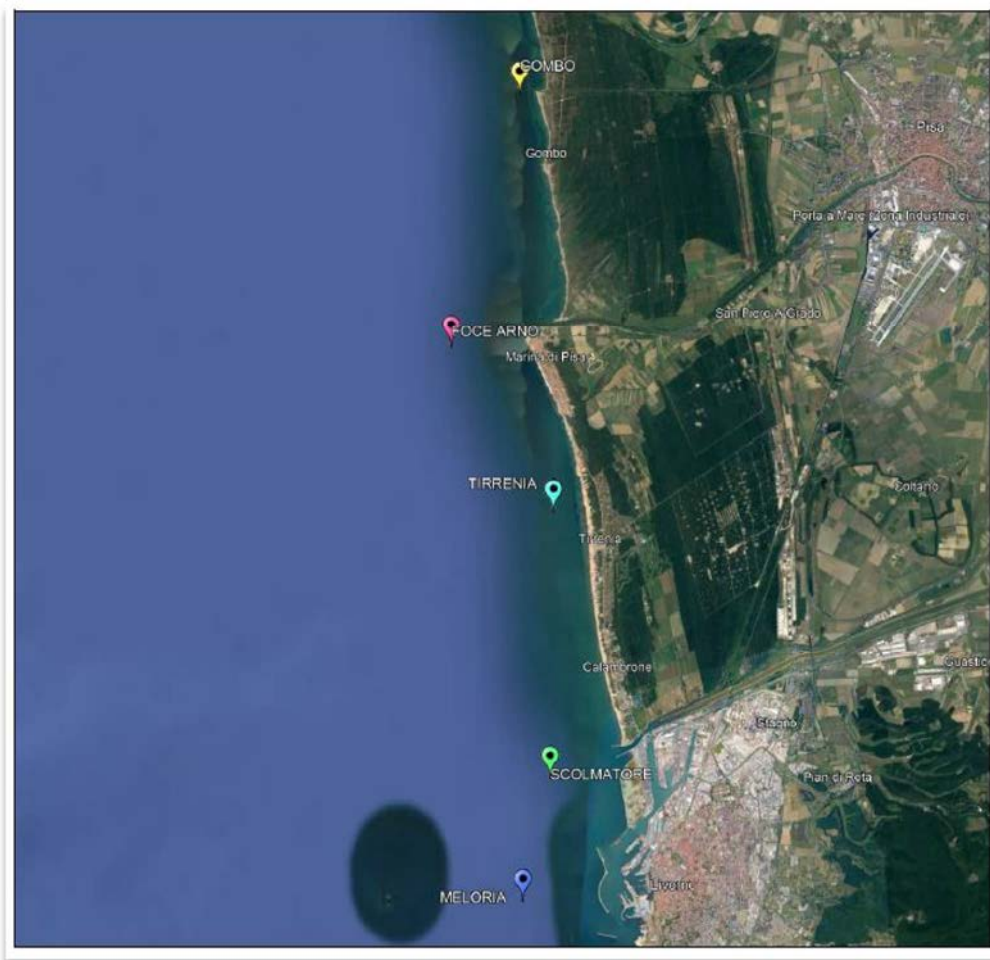
Species	Location	Sedimentation (cm/yr)	Reference
<i>Cymodocea nodosa</i>	Mediterranean (Spain)	5	Marba and Duarte (1994)
<i>Cymodocea rotundata</i>	Philippines	1.5	Vermaat et al. (1997)
<i>Cymodocea serrulata</i>	Philippines	13	Vermaat et al. (1997)
<i>Enhalus acoroides</i>	Philippines	10	Vermaat et al. (1997)
<i>Halophila ovalis</i>	Philippines	2	Vermaat et al. (1997)
<i>Posidonia oceanica</i>	Mediterranean (Spain)	5	Manzanera et al. (1995)
<i>Zostera noltii</i>	Mediterranean (Spain)	2	Vermaat et al. (1997)

Figura 6-4 – Soglie critiche di sedimentazione per le fanerogame.

Gli strumenti di misura della torbidità installati da dicembre 2022 hanno fornito, fino a maggio 2023, risultati che possono essere impiegati per la valutazione e la stima dei valori di allerta ed attenzione.

I cinque strumenti, ubicati come indicato nella seguente figura, hanno acquisito i valori di torbidità in continuo con rilevamenti orari (per un totale di 3.692 rilevazioni) e, sebbene limitati alla stagione invernale-primaverile, risultano già rappresentativi sia delle condizioni ordinarie che di quelle più intense che sottopongono i recettori a stress.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b>	<b>REV.</b>	<b>PAGINA</b>
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0	Aprile 24	C0	61



*Figura 6-5 – Ubicazione delle stazioni di monitoraggio ambientale (da Google Earth).*

Le stazioni Meloria e Scolmatore (rif. figura seguente) risultano le più rappresentative per l'area di progetto e, tra le due, la stazione Meloria, per posizione ed esposizione, costituisce il riferimento più significativo per valutare le condizioni di torbidità in prossimità dei limiti della posidonia. In figura è rappresentato il limite della Posidonia (linea verde) individuato dal CIBM nelle indagini del 2017, che è risultato essere maggiormente cautelativo rispetto a quello che è possibile individuare sulla base delle recenti indagini svolte (posizionato più al largo mediamente di circa 200 m).



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRA- GAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed ac-          corgimenti tecnici di mitigazione          del sedimento sospendibile –          Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 62
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			



Figura 6-6 – Torbidimetri di riferimento per le fanerogame.

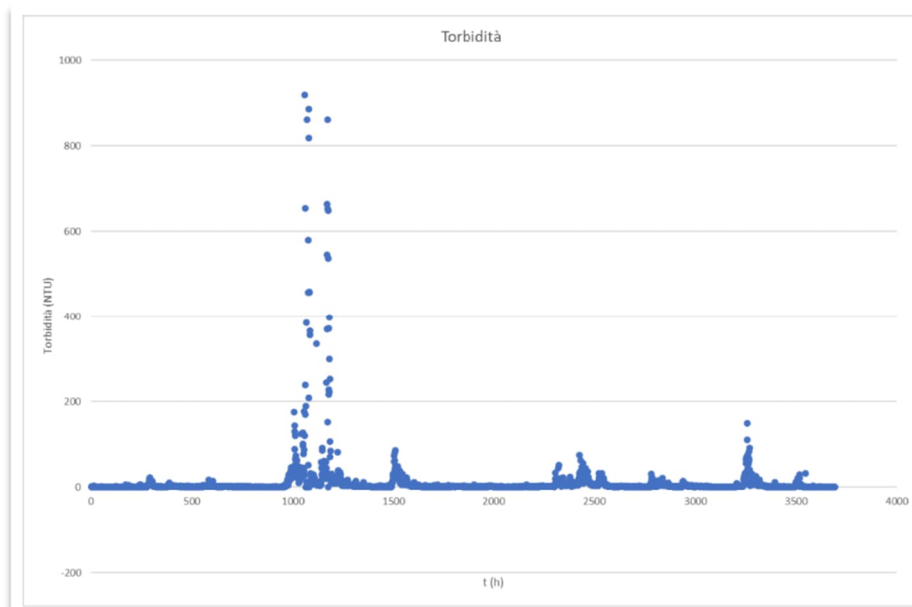


Figura 6-7 – Valori di torbidità registrati al torbidimetro Meloria nel periodo di osservazione disponibile (dal 29/11/2022 al 02/05/2023- 3692 registrazioni orarie).

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 63
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

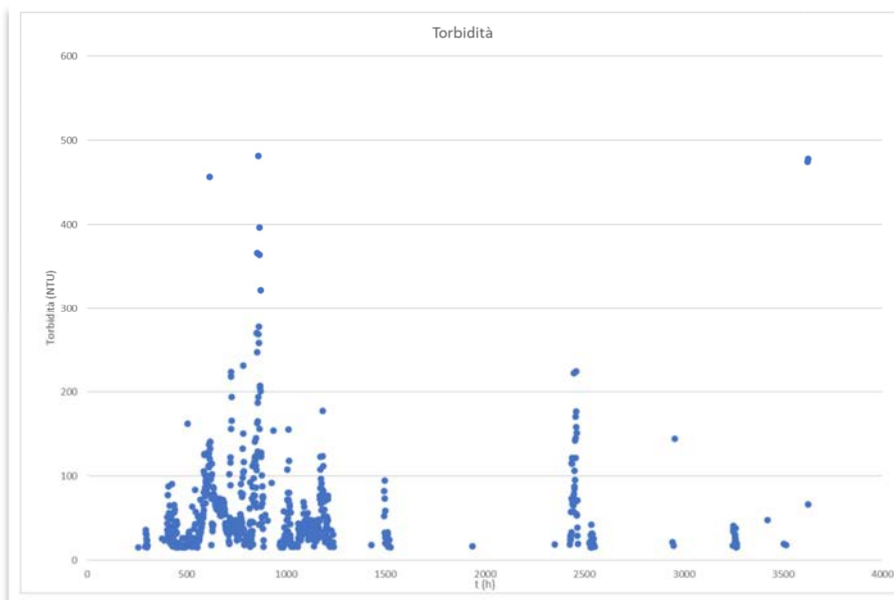


Figura 6-8 – Valori di torbidità registrati al torbidimetro Scolmatore nel periodo di osservazione disponibile (dal 29/11/2022 al 02/05/2023- 3692 registrazioni orarie).

Le registrazioni effettuate nel periodo di analisi (11/12/2022 – 02/5/2023) hanno fornito un valore medio di torbidità pari a 9 NTU per la Meloria e 13.6 per lo Scolmatore.

I valori medi risultano tuttavia scarsamente significativi delle condizioni che effettivamente sperimentano e sono in grado di tollerare le fanerogame.

Analizzando nel dettaglio la serie temporale, nel periodo investigato si individuano 10 eventi di durata superiore a 48h con torbidità superiore a quella media per la stazione Meloria e 13 eventi per la stazione Scolmatore. Sono eventi naturali che sottopongono gli habitat esistenti a condizioni di stress a cui gli stessi sono in grado di resistere, stante lo stato di conservazione riscontrato nelle indagini di approfondimento. Le caratteristiche sintetiche di detti eventi, in termini di valore medio e massimo di torbidità, espressa in termini di NTU, sono riportate nelle seguenti tabelle.

Tabella 1: Caratteristiche degli eventi di torbidità sopra la media per la stazione Meloria		
Evento	NTU (media)	NTU (max)
1	15,1	21,6
2	15,6	17,2
3	100,2	918,7
4	30,7	86,3
5	21	75
6	17,2	30,6
7	15,7	20,3
8	35,1	148,4
9	16	16
10	18,2	31,1
<b>MEDIA</b>	<b>28,48</b>	<b>136,5</b>

Tabella 6-1 caratteristiche degli eventi di torbidità sopra la media per la stazione Meloria

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 64
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

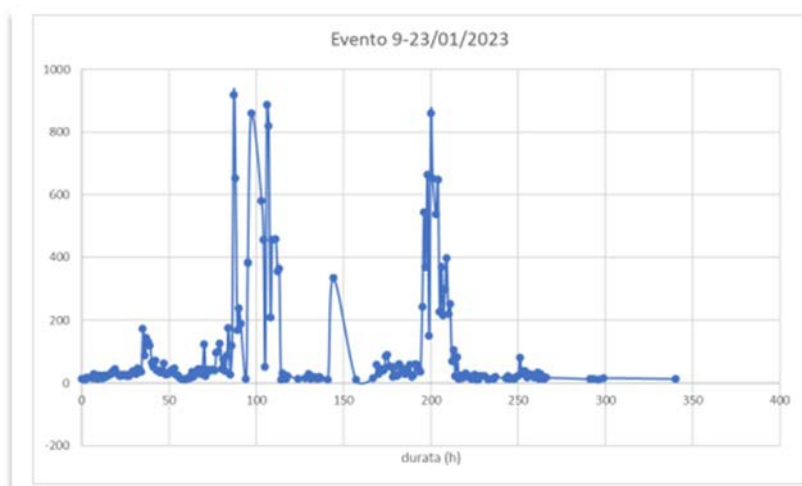
Tabella 2: Caratteristiche degli eventi di torbidità sopra la media per la stazione Scolmatore		
Evento	NTU (media)	NTU (max)
1	22,4	36,2
2	55,5	481,6
3	18,1	18,1
4	35,1	94,8
5	16,4	16,4
6	18,6	18,6
7	85,9	224,3
8	22,3	41,9
9	61	144
10	25,4	40,7
11	47,6	47,6
12	18,4	19
13	339,5	477,9
<b>MEDIA</b>	<b>58,9</b>	<b>127,8</b>

Tabella 6-2- caratteristiche degli eventi di torbidità sopra la media per la stazione Scolmatore.

Tra i vari eventi, risulta particolarmente significativo l'evento n. 3 del torbidimetro della stazione Meloria, caratterizzato da una durata di 340 h, e da 3 picchi di torbidità superiori a 800 NTU (Tabella 6-1). L'andamento verificatosi tra il 09.01.2023 ed il 23.01.2023, è il risultato di una stato di mare caratterizzato al largo da 6 picchi di altezza d'onda (Hm0) superiore a 2m (dato Boa di Gorgona- fonte CFR-Regione Toscana).

Sotto costa, la condizione di intenso moto ondoso è confermata dal correntometro posizionato presso la stazione Scolmatore di [Figura 6-5 – Ubicazione delle stazioni di monitoraggio ambientale \(da Google Earth\)](#)., che ha fornito valori di altezza d'onda significativa di circa 1.5 m e direzioni di provenienza tra 220°N e 330°N [Figura 6-11](#).

Il corrispondente evento presso lo strumento Scolmatore ha l'andamento riportato in **Error! Reference source not found.**



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 65
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Figura 6-9 – Andamento della torbidità (strumento Meloria) nell'evento tra 9/01/2023 ed il 23/01/2023.

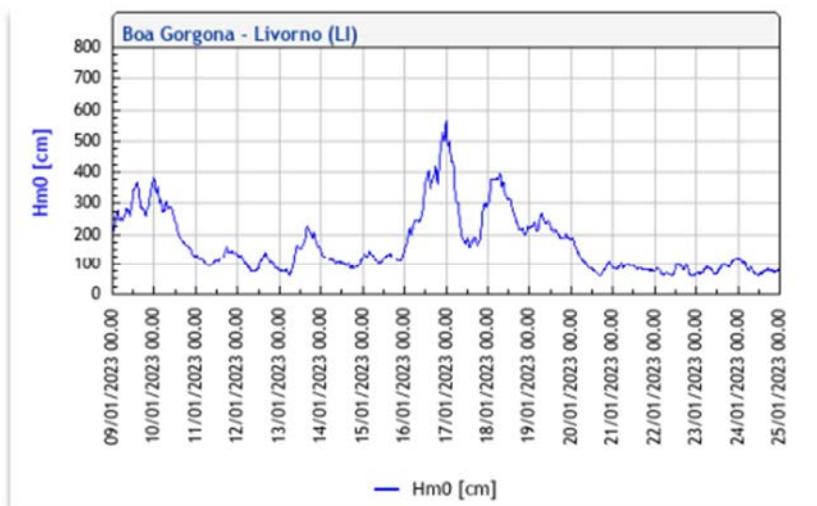


Figura 6-10 – Altezza d'onda registrata alla boa di Gorgona 9/01/2023 ed il 23/01/2023.

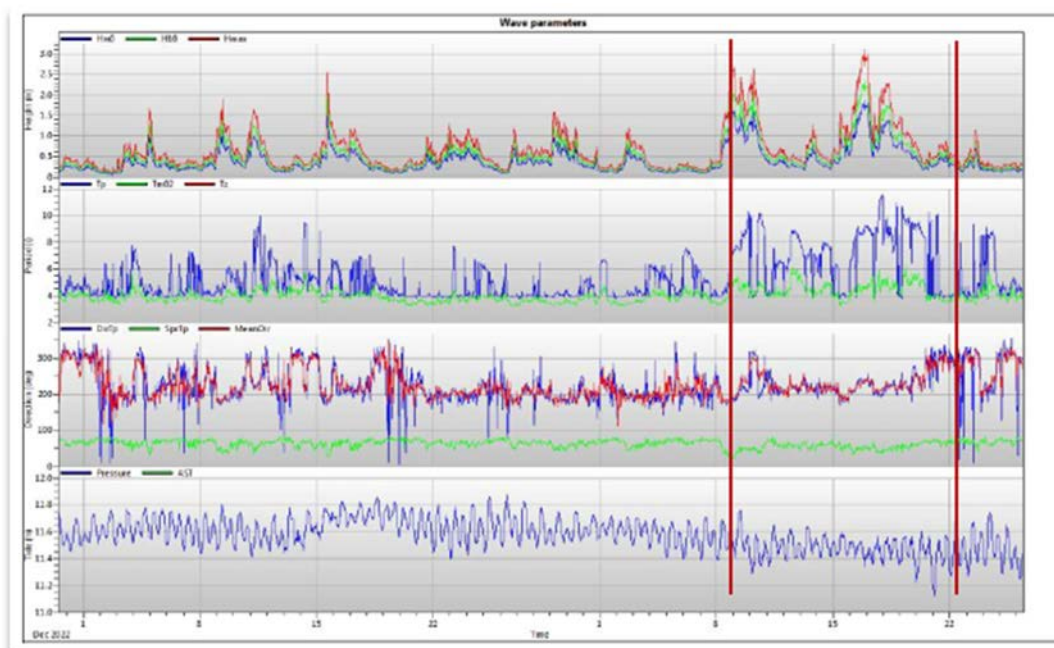


Figura 6-11 – Serie temporale dei parametri d'onda per la stazione oceanografica SCOLMATORE. 1° grafico (dall'alto verso il basso): altezza significativa (in blu), altezza media 1/10 (in verde), altezza massima (in rosso). 2° grafico: periodo di picco (in blu), periodo medio (in verde). 3° grafico: direzione di picco (in blu), propagazione direzionale (in verde), direzione media (in rosso). 4° grafico: pressione (in blu).



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 66
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

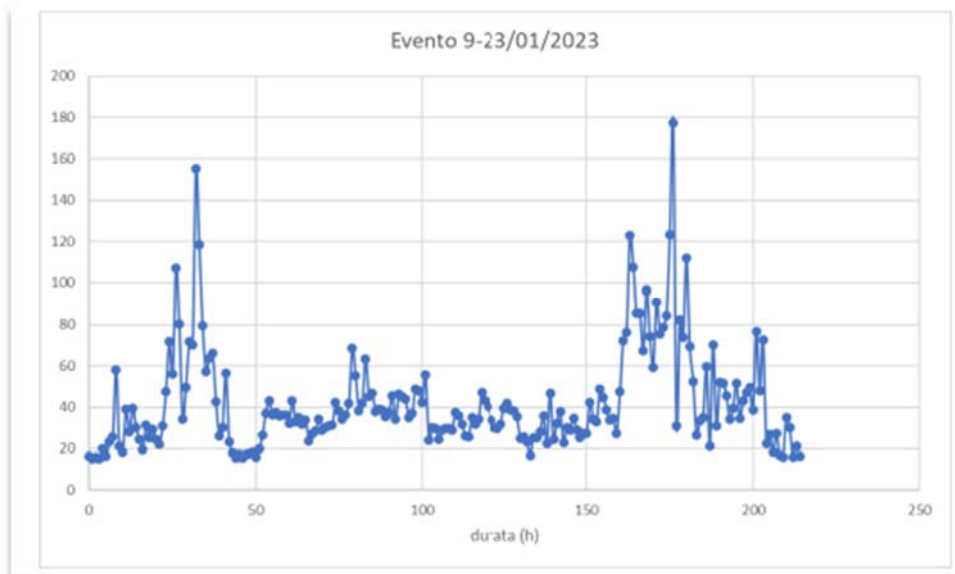


Figura 6-12 – Andamento della torbidità (strumento Scolmatore nell'evento tra 9/01/2023 ed il 23/01/2023).

Gli strumenti Scolmatore e Meloria presentano andamenti analoghi, con valori di torbidità leggermente più elevati per il primo, che è posizionato più vicino alla costa su fondali ai limiti della profondità di chiusura e quindi maggiormente influenzato dal moto ondoso.

## 6.1 ANALISI DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE ED ALLERTA

Alla luce delle analisi riportate nel precedente paragrafo, in accordo la normativa vigente e con linee guida di carattere internazionale (*EPA, 2001. Guidelines for Dredging. Best Practice Environmental Management*), che prevedono di riferirsi al superamento dei valori di torbidità naturale per la valutazione di stati critici di torbidità, sono stati individuati i valori limite che, se superati, attiveranno le procedure di mitigazione meglio descritte nel seguito.

In particolare, sono state individuate due diverse soglie di attenzione per le due stazioni Scolmatore e Meloria, in quanto la stazione dello Scolmatore è risultata interessata da valori di torbidità generalmente superiori, essendo influenzata anche dalle dinamiche litoranee e fluviali che si sviluppano nell'area antistante lo Scolmatore.

Si ritiene invece che la stazione della Meloria possa essere considerata maggiormente rappresentativa dei valori di torbidità effettivamente sperimentati in prossimità del limite della Posidonia.

Il valore di attenzione è stato fissato pari alla media (arrotondata) dei valori medi di torbidità rilevati negli eventi riportati nelle precedenti Tabella 1 e Tabella 2. Il valore di allarme è stato fissato pari alla media dei valori massimi di torbidità rilevati negli eventi riportati nelle precedenti Tabella 1 e Tabella 2.

**In definitiva, sono stati individuati i seguenti valori per le due soglie:**

- **valore di attenzione: 30 NTU per la stazione Meloria, 60 NTU la stazione Scolmatore;**
- **attivazione soglia di attenzione: 3 h (3 misure orarie consecutive);**
- **valore di allarme: 130 NTU;**
- **attivazione soglia di allarme: 6h (6 misure orarie consecutive);**
- **tasso di sedimentazione critico: 1.5 cm/anno;**
- **luminosità residua al fondo: 10%.**

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> <p style="text-align: center;"><b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Relazione tecnica</b></p>	<p style="text-align: center;">DATA</p> <p style="text-align: center;">Aprile 24</p>	<p style="text-align: center;">REV.</p> <p style="text-align: center;">C0</p>	<p style="text-align: center;">PAGINA</p> <p style="text-align: center;">67</p>
	<p>CODICE ELABORATO:</p> <p style="text-align: center;">1233-PE-0-0-CAN-R-010-0</p>			

I valori relativi alla stazione Meloria potranno essere associati anche alle altre stazioni di misura da collocarsi in prossimità dei target sensibili, già previste nel PMA o ulteriori, rispetto a quelle già installate.

## 6.2 ATTIVITÀ AL SUPERAMENTO DEI LIVELLI DI ALLARME/ATTENZIONE

Le attività previste al superamento delle due soglie saranno le seguenti:

- al superamento del valore di attenzione (30/60 NTU) per 3 misure consecutive (intervallo misure 60 minuti) sulla medesima stazione: in primo luogo si procederà alla verifica dello stato del mare e della presenza di torbide determinate da trasporto solido o da piene fluviali, al fine di escludere l'influenza delle attività di dragaggio.
- Qualora il superamento del valore di torbidità non sia attribuibile a cause naturali:
- si procederà alla verifica del sensore del torbidimetro;
- si effettuerà un monitoraggio in 3 punti in prossimità della linea limite della Posidonia Oceanica con misura mediante calate di sonda multiparametrica della colonna d'acqua con misura di torbidità, temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, ORP (*Oxidation/Reduction Potential*), luminosità e profondità. Per valutazioni preliminari e speditive le attività potranno essere accompagnate anche dalla misura della profondità del Disco Secchi ZDS che è legata al coefficiente di estinzione della luce *kT*.
- Qualora la luminosità residua al fondo sia inferiore al 10% si sposteranno (a maggiore distanza dalle fanerogame) le attività di dragaggio o in alternativa, se tecnicamente possibile, si procederà ad attivare i sistemi di contenimento del plume (panne e/o sistemi "bubble screen") per le successive 24h.
- Qualora i valori di torbidità nelle stazioni non siano rientrati al di sotto dei valori di soglia, il monitoraggio con calate di sonda multiparametrica sarà ripetuto dopo 24h mantenendo contestualmente le misure di mitigazione sopra indicate.

Le misure saranno ripetute ogni 24 h fino al rientro dei parametri di riferimento al di sotto del livello di allerta (30/60 NTU).

Al superamento del valore di allarme (130 NTU) si procederà allo spostamento delle attività di dragaggio.

Successivo controllo dopo 6 h del valore di torbidità. In caso di rientro del valore si applicheranno le procedure previste per il superamento del valore di attenzione. In caso di persistenza del superamento, sospensione delle attività per 24h, a seguito delle quali si riapplicherà la procedura.

## 6.3 ULTERIORI MISURE A TUTELA DEI TARGET SENSIBILI

Le stazioni di misura già installate saranno integrate da ulteriori stazioni di monitoraggio che verranno impiegate per il monitoraggio della torbidità in corso d'opera e "post operam".

I torbidimetri saranno stati installati in posizioni ritenute significative relativamente ai target e ai percorsi preferenziali di migrazione dei sedimenti, individuati sulla base delle analisi modellistiche svolte.

Le posizioni di tali stazioni (*Figura 6-13*) sono comunque riportate nella versione aggiornata del Piano di Monitoraggio Ambientale.

Come ulteriore misura a tutela della Posidonia, si prevede inoltre l'installazione di trappole sedimentarie in alcuni punti ritenuti significativi per una valutazione dei tassi di sedimentazione che vengono sperimentati dalla prateria di Posidonia, sia in prossimità del limite verso costa che in una zona più esterna dalla prateria.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 68
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Le trappole consentiranno di verificare i tassi di ricoprimento della Posidonia, che dovranno attestarsi a valori inferiori a 1.5 cm/anno. I risultati del monitoraggio saranno impiegati per valutare eventuali modifiche alle modalità operative dei dragaggi per rallentare i tassi di sedimentazione.



Figura 6-13 – Posizione delle stazioni di misura della torbidità esistenti, delle stazioni aggiuntive e delle trappole sedimentarie come da PMA esecutivo

#### 6.4 ULTERIORI MISURE DI MONITORAGGIO DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'ESCAVO IDRAULICO CON DRAGA "CSD" A TUTELA DEI TARGET SENSIBILI

Infine, ottemperando a quanto evidenziato nella *"condizione ambientale n. 4"* del parere positivo con condizioni ambientali n. 526 dell'11 dicembre 2023 della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS ed in riferimento allo studio della ri-sospensione dei sedimenti durante i dragaggi, considerato che, come esposto, la tecnica di dragaggio con la draga idraulica di tipo "CSD" genera una "nuvola di torbidità" "non trascurabile" al fondo attorno al punto di prelievo, seppur esclusivamente negli strati più profondi e meno mobili della colonna d'acqua, a causa dell'azione meccanica della testa disgregante operata dalla rotazione delle frese, quando attraversa stratificazioni di sedimenti sciolti non compatti (limi) [estensione planimetrica non superiore a 20-30 m, in relazione alle caratteristiche granulometrica del materiale intercettato e con diffusione decrescente dai limi con materiali organici a sabbie e per uno spessore di colonna d'acqua interessato di circa 5 m], è stato implementato il piano di monitoraggio durante le fasi di dragaggio con "CSD", quando si opera in strati litografici sedimentari di recente deposizione non consolidati.

Pertanto, **a verifica e conforto delle ipotesi dei tempi di sedimentazione dei materiali "sito-specifici" [con i risultati del modello di simulazione della diffusione della torbidità nella colonna d'acqua dei sedimenti risospesi individuato] e della correttezza delle procedure operative esecutive, si prevede d'implementare il piano di monitoraggio durante le fasi di dragaggio con "CSD", effettuando misure di torbidità integrative, in stazioni mobili disposte a 50/60 m, oltre i limiti dell'area di dragaggio adiacenti**

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 69
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

**al singolo settore operativo, per ogni giorno operativo del dragaggio idraulico con cadenza periodica ogni 24 ore, lungo almeno due profili a NW ed a SE delle successive aree di lavoro, con misure della torbidità a quota –2,0 e –5,0 m.s.l.m.m..**

Di seguito, si riporta lo schema tipologico operativo del monitoraggio integrativo della torbidità da effettuare durante le attività di dragaggio idraulico con “CSD”.



Figura 6-14 – schema operativo del monitoraggio integrativo della torbidità durante le attività di dragaggio idraulico con draga “CSD” (in sovrapposizione alle ulteriori stazioni di monitoraggio previste in CO).

Pertanto, in relazione ai tempi di sedimentazione dei materiali sito-specifici, ai risultati del modello di simulazione elaborato nel Progetto Esecutivo relativamente ai pennacchi di torbidità indotti dal dragaggio, ed atto a fornire indicazioni su tempi e modalità di trasporto delle particelle all'intorno del disgregatore, anche in relazione alla presenza di potenziali target ambientali sensibili (bioindicatori) a NW del canale scolmatore, **si valuta di adottare una “soglia di attenzione” di torbidità (in corso d’opera) molto precauzionale (atteso la vicinanza dalla fonte di torbidità) nelle stazioni di monitoraggio mobili integrative predisposte al contorno dell’areale di dragaggio pari a 60 NTU.**

Qualora si accertati durante il monitoraggio in corso d’opera, il superamento del valore limite di attenzione di NTU sopraindicato, viene attivato un monitoraggio ogni 12 ore sul punto che ha superato la soglia di attenzione (*early warning*) e qualora detto valore persista per oltre 48 ore, anche in assenza di superamenti nelle altre stazioni di monitoraggio e, nel caso che esso sia effettivamente riconducibile alle operazioni di dragaggio, le attività di escavo dovranno essere comunque sospese ovvero spostate in aree anche adiacenti, fino al rientro dei valori di torbidità entro il valore soglia, con contestuale verifica di eventuali anomalie o danneggiamenti alle attrezzature di movimentazione dei sedimenti.

Si evidenzia che attraverso i dati rilevati in corso d’opera, su richiesta degli Enti Vigilanti, si potranno ricalibrare i valori di soglia dinamici assunti, anche se è presumibile con buona certezza, attesa la caratteristica dei sedimenti presenti caratterizzati da un peso specifico dei granuli elevato (sabbie limose di natura sedimentaria calcarea) e sulla base delle modellazioni effettuate, che il limite di attenzione individuato sia molto rappresentativo.

Resta, comunque, intesa la possibilità da parte dell’Ente di Controllo di richiedere l’effettuazione di un ciclo di monitoraggio in qualsiasi momento delle attività di dragaggio al fine di verificare il persistere delle ipotesi iniziali e valutare eventuali integrazioni.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 70
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Quanto sopra esposto **sarà eseguito salvo diverse ovvero integrative determinazioni, precisazioni e prescrizioni che l'Ente di Controllo ARPA Toscana debba disporre in fase di comunicazione del presente documento e/o in corso d'opera.**

Preventivamente all'inizio dei lavori, verranno inoltre effettuati degli specifici test di laboratorio e di campo, mediante cui, in relazione alle caratteristiche sito-specifiche dei sedimenti delle aree oggetto del dragaggio, si stabilirà una correlazione diretta tra il valore di torbidità delle acque rilevato dal torbidimetro (espresso in NTU - *Nephelometric Turbidity Unit*) ed il parametro Solidi Sospesi Totali (espresso in mg/l), ad oggi assunto cautelativamente pari a 1, in accordo alle relazioni presenti in letteratura.

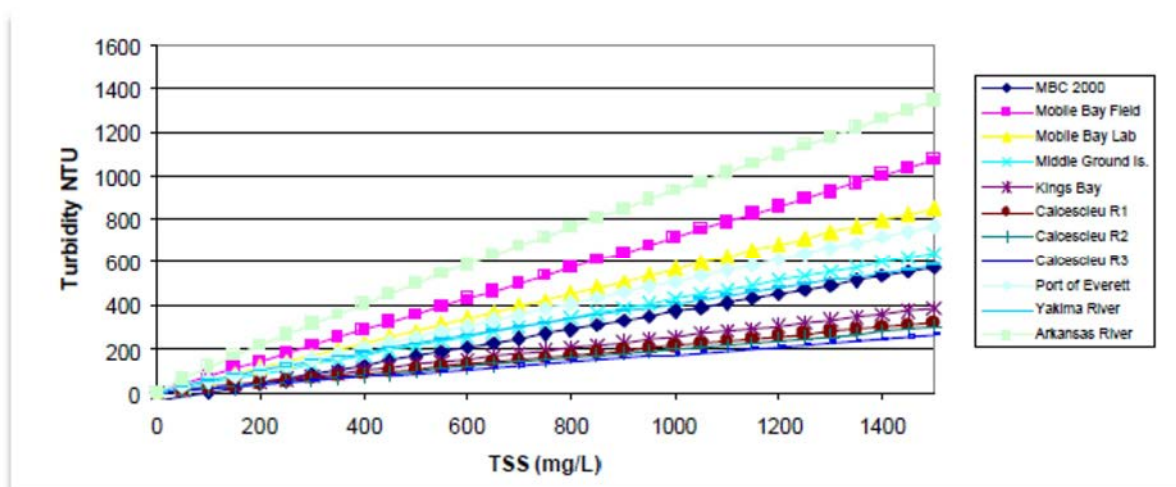


Figura 6-15 Correlazione NTU-mg/l (LASC 2003)

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 71
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

## 7 CRONOPROGRAMMA COMPLESSIVO DELLE FASI ESECUTIVE DELLE ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO

Si riporta di seguito il cronoprogramma delle attività di dragaggio relativo alle fasi esecutive per la gestione dei sedimenti da riutilizzare nelle aree di colmata preposte. Le fasi di dragaggio, già definite nel par. 5 del presente documento, sono state raggruppate in relazione allo scopo della lavorazione.

Sono stati elaborati due cronoprogrammi distinti secondo le seguenti attività:

- Cronoprogramma del Dragaggio degli imbasamenti:**  
 Rientrano in tale cronoprogramma tutte le opere di dragaggio necessarie per l'imbasamento delle opere foranee e degli argini interni della colmata (macrofasi da 1 a 4). In tali fasi per il materiale in classe D è previsto l'utilizzo di draga a benna con ecograb.  
 Per i materiali in classe A,B,C,D\*, per i quali è previsto il dragaggio con mezzi sia meccanici (GD-GHD) che idraulici (CSD), è stata cautelativamente assunta la produzione associabile al dragaggio meccanico, sensibilmente inferiore a quella associabile al dragaggio idraulico.

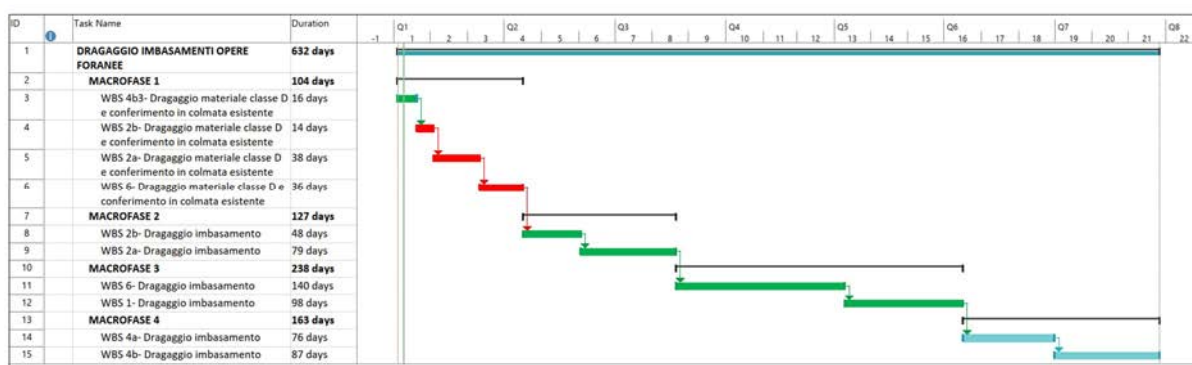


Figura 7-1 Cronoprogramma Dragaggio Imbasamenti

- Cronoprogramma del Dragaggio del canale di accesso e dei bacini interni:**  
 Rientrano in tale cronoprogramma tutte le opere di dragaggio necessarie per l'approfondimento del canale di accesso e dei bacini/darsene interni (macrofasi 5 e 6).  
 In tali fasi, per il materiale in classe D è previsto l'utilizzo di draga a benna con ecograb.  
 Per i materiali in classe A,B,C,D\*, è invece previsto il dragaggio con CSD (produzione 30.000 m<sup>3</sup>/g).  
Si sottolinea come l'inizio di tali attività sarà condizionato dal livello di completamento delle opere foranee tale da garantire sia la chiusura della vasca di colmata WBS9b, che la chiusura del bacino durante le attività di dragaggio delle WBS 11, WBS12, WBS7, WBS13.

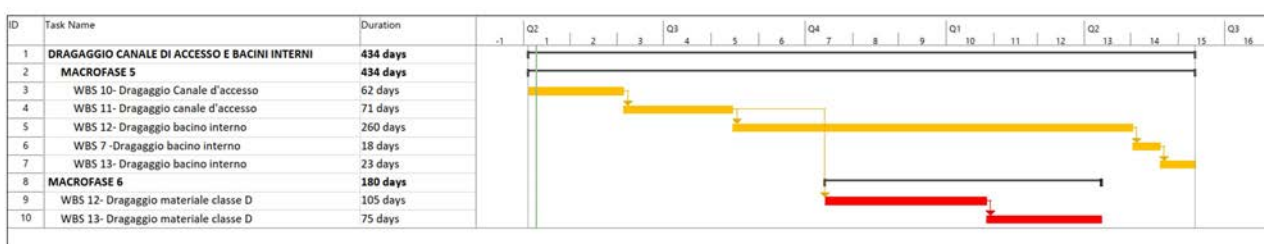


Figura 7-2 Cronoprogramma Dragaggio Canale di accesso e bacini interni.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA

PROGETTO ESECUTIVO  
**Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –  
 Relazione tecnica**

CODICE ELABORATO:

1233-PE-0-0-CAN-R-010-0

DATA  
 Aprile 24

REV.  
 C0

PAGINA  
 72

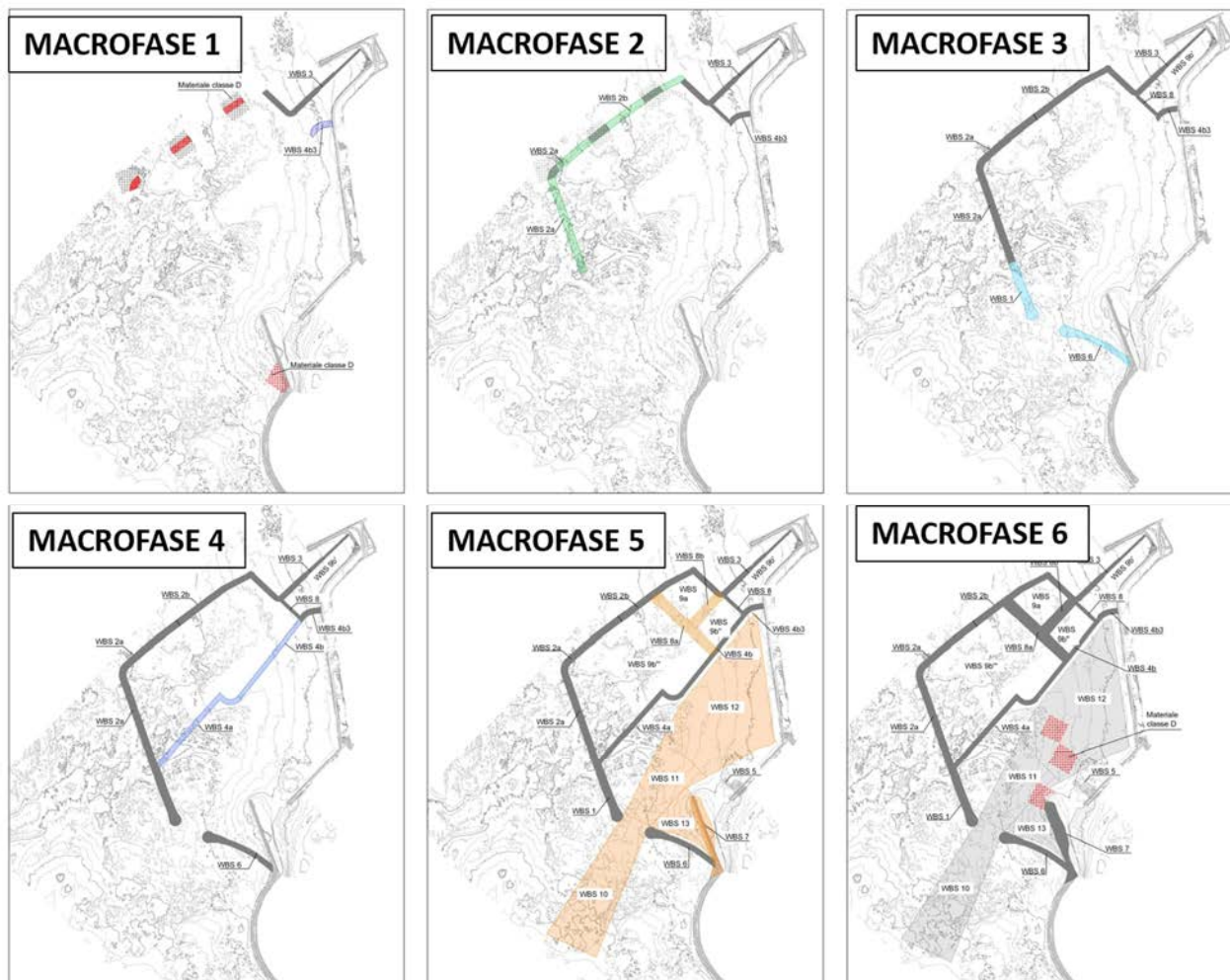


Figura 7-3 – Suddivisione in macro-fasi degli interventi di dragaggio.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 73
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

## 8 NOTA TECNICA PER LA VERIFICA DI OTTEMPERANZA DELLE ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO RELATIVE ALLE CONDIZIONI AMBIENTALI PRESCRITTE NEL DECRETO INTERMINISTERIALE DI COMPATIBILITÀ AMBIENTALE VIA [M\_AMTE.MASE.VA N. 81 IN DATA 11.03.2024]

A seguito del parere positivo con condizioni ambientali n. 526 dell'11 dicembre 2023 della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS, **con Decreto Interministeriale m\_amte.MASE.VA n. 81 in data 11.03.2024 è stato “espresso giudizio positivo sulla compatibilità ambientale del progetto “Prima fase di attuazione Piattaforma Europa”, comprensivo della valutazione d’incidenza e della verifica del Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo presentato ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120, subordinato al rispetto delle condizioni ambientali di cui agli articoli 2, 3, 4 e 5”.**

Come riportato all'art.6 del succitato Decreto, il Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica – Direzione Generale Valutazioni Ambientali, in qualità di autorità competente, ai sensi dell'articolo 28, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, verifica l'ottemperanza alle condizioni ambientali di cui agli articoli 2, 4 e 5, e, in collaborazione con il Ministero della cultura, verifica l'ottemperanza alle condizioni ambientali di cui all'articolo 3.

In particolare, **come riportato nel dispositivo finale del motivato parere tecnico n. 526 dell'11 dicembre 2023 della Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS, “raccomandando la predisposizione di quanto rappresentato nel l'esame della documentazione e negli esiti dell'istruttoria e ribadendo che il Proponente dovrà ottemperare alle prescrizioni e indicazioni contenute nei pareri del Ministero della Cultura, della Regione Toscana, dei Comuni di Pisa e Livorno, dell'Autorità Distrettuale dell'Appennino Centrale e dell'Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, così come precisate nell'Allegato B che fa parte integrante del presente Parere, qualora non già contenute nelle condizioni ambientali di seguito indicate”, l'esito favorevole sulla compatibilità ambientale del progetto “Porto di Livorno. Progetto Prima fase di attuazione Piattaforma Europa” è subordinato all'ottemperanza, oltre “al quadro prescrittivo di cui all'Allegato B che fa parte integrante del presente Parere”, a n. 11 condizioni ambientali.**

In particolare, la condizione ambientale n. 4 relativa all'ambito di applicazione delle “acque marine”, al cui punto c) l'oggetto della prescrizione riguarda “lo studio della ri-sospensione dei sedimenti durante i dragaggi”, che si riporta integralmente qui di seguito.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 74
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Condizione ambientale n. 4	
Macrofase	<i>Ante operam</i>
Fase	Progettazione esecutiva
Ambito di applicazione	Acque marine
Oggetto della prescrizione	<p>Il Proponente dovrà:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) <u>relativamente allo studio della dinamica litoranea: trasporto solido ed evoluzione dei fondali.</u></li> <li>b) produrre analisi conclusive di supporto alla formulazione di ipotesi di presenza/assenza di impatto di lungo periodo riconducibili alle modificazioni morfologiche dell'area in seguito all'esecuzione degli interventi;</li> <li>c) <u>relativamente allo studio della risospensione dei sedimenti - risospensione durante i dragaggi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. definire adeguata numerosità e precisa ubicazione delle boe di misurazione, anche con l'ausilio di simulazioni numeriche di distribuzione del <i>plume</i> e della torbidità derivante dalle operazioni di dragaggio;</li> <li>ii. riguardo alla tecnica di dragaggio prevedere l'utilizzo di una ECOGRAB <i>dredger</i> (al posto della draga idraulica di tipo CSD) per minimizzare gli impatti di risospensione e fornire informazioni sulle ulteriori misure di mitigazione (es. misure contenitive, accorgimenti tecnici per ridurre il rilascio di sedimento);</li> <li>iii. definire in accordo con ARPA Toscana i limiti di torbidità accettabili in area extra cantiere oltre i quali sarà prevista la sospensione delle attività di cantiere fino a ripristino delle condizioni ambientali idonee.</li> </ul> </li> <li>d) <u>relativamente ai popolamenti ittici e possibili interazioni con il comparto della pesca commerciale:</u> adeguare le metodologie di cattura ed estensione della taglia di campionamento alla necessità di valutare in modo quantitativo le diverse componenti di interesse commerciale e nell'ambito delle campagne di pesca scientifica per</li> </ul>

Condizione ambientale n. 4	
	la valutazione degli <i>stock</i> di bivalvi eduli definire in accordo con ARPA Toscana la frequenza dei campionamenti e l'identificazione delle aree multiple di riferimento (controlli);
Termine avvio V. O.	Al termine della progettazione esecutiva
Ente vigilante	MASE
Enti coinvolti	ARPA Toscana per la definizione dei limiti di torbidità

La condizione ambientale trae origine dalle motivazioni riportate al punto m) delle valutazioni della stessa Commissione e precisamente:

m) relativamente allo studio della risospensione dei sedimenti - risospensione durante i dragaggi:

Riguardo alla documentazione con indicazioni circa le modalità delle indagini di monitoraggio che dovranno consentire la verifica dei risultati modellistici degli studi condotti e la corretta implementazione del *software*

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile –</b> <b>Relazione tecnica</b>	<b>DATA</b> Aprile 24	<b>REV.</b> C0	<b>PAGINA</b> 75
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

ECOPLUME® non si riscontrano criticità residue in tale fase, fermo restando quanto dichiarato dal Proponente riguardo alla necessità di stabilire la precisa ubicazione delle boe di misurazione, anche con l'ausilio di simulazioni numeriche di distribuzione del plume e della torbidità derivante dalle operazioni di dragaggio, per cui si rimanda alla fase esecutiva.

Riguardo all'interferenza della risospensione da dragaggio con quella causata dagli apporti dallo scolmatore, fornendo chiarimenti e motivazioni sulle modalità con cui la variazione del gradiente di temperatura (densità) è stata considerata per la modellazione della variabilità dei pennacchi e sull'assenza di valutazioni sul verificarsi di possibili anomalie dovute alle interferenze tra la risospensione indotta dai dragaggi con quella indotte dagli apporti dallo scolmatore, nonché all'integrazione degli studi con scenari di simulazione che tengano in considerazione gradienti rappresentativi di diverse condizioni stagionale e dovuti all'interferenza con le acque immesse dalla scolmatore, si ritiene che la risospensione al fondo conseguente all'utilizzo di draghe CSD non possa essere considerata a priori "limitata" sugli strati più profondi della colonna d'acqua e, prendendo atto delle motivazioni addotte dal Proponente sulla distribuzione del gradiente spaziale e temporale ai fini dello studio della variabilità della plume indotta dalla potenziale risospensione durante i dragaggi e altresì di quanto espresso dal Proponente in merito alla difficile riproduzione numerica delle interferenze degli effetti puntuali delle diverse sorgenti di dragaggio con il deflusso dello scolmatore, si può ragionevolmente condividere con quanto relazionato dal Proponente, così come sulla necessità di sopperire alla richiesta di condurre altri scenari modellistici integrando il Piano di Monitoraggio Ambientale mediante il raffittimento di una specifica rete di sensori, fornendo maggiori dettagli sui criteri che saranno seguiti per la scelta del posizionamento, dei periodi e delle frequenze delle misure con i sensori per le finalità dichiarate, il tutto trasfuso in specifica condizione ambientale.

Riguardo alla tecnica di dragaggio con la draga idraulica di tipo CSD cui è associata una risospensione non trascurabile al fondo a causa dell'azione meccanica della testa disgregante operata dalla rotazione delle frese,

Sebbene si intuisca che la motivazione data dal Proponente risieda nella necessità di disporre di mezzi adatti a garantire l'operatività anche in mare aperto con tassi di produzioni compatibili con la sostenibilità tecnico ed economica del progetto, la risposta del Proponente è poco circostanziata in virtù del fatto sarebbero necessarie maggiori informazioni sulle modalità operative di utilizzo della draga CSD (es. velocità e durata del ciclo di dragaggio, diluizione della miscela del materiale aspirato, produttività per ciclo di dragaggio) per formulare ipotesi di rilascio attendibili. Inoltre, non si concorda sul fatto che una benna con sistemi di chiusura di tipo ambientale produca un rilascio di sedimenti risospesi lungo la colonna d'acqua comparabili, in termini di quantità, ad una meccanica di tipo convenzionale. Preso atto della necessità di garantire tassi di produzioni sostenibili per l'ambiente ma coerenti anche con le volumetrie da movimentare (quindi con la sostenibilità economica del progetto) sono necessarie informazioni sulle misure di mitigazione (es. misure contenitive, accorgimenti tecnici per ridurre il rilascio di sedimento dalla testa dragante, ...) per ridurre la frazione del sedimento sospendibile la scrivente ritiene necessario prevedere l'utilizzo di una ECOGRAB dredger (al posto della draga idraulica di tipo CSD) per minimizzare gli impatti di risospensione e fornire informazioni sulle ulteriori misure di mitigazione (es. misure contenitive, accorgimenti tecnici per ridurre il rilascio di sedimento);

Il comma i) del punto c della presente condizione ambientale è stato compiutamente assolto nella fase di redazione del Progetto Esecutivo. Il posizionamento di stazioni fisse e mobili per il monitoraggio della torbidità è stato effettuato sulla base delle proiezioni ottenute da modelli matematici.

Durante il corso delle operazioni di dragaggio con CSD, inoltre, sarà inoltre utilizzato il modello matematico del software ECOPLUME® che permetterà di monitorare ed aggiornare le previsioni del plume di torbida potenzialmente originato dall'intervento.

Il comma ii) del punto c della presente condizione ambientale è stato compiutamente assolto ed ottemperato nella fase di redazione del Progetto Esecutivo, nell'ambito della relazione "1233-PE -CAN-0010\_ Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile" e mediante l'emissione del documento di progetto: "PMA - PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE". Il PMA, adeguato alla normativa vigente (D.M. 173/16), costituirà una garanzia in termini di tutela dell'ambiente permettendo di intercettare tempestivamente eventuali alterazioni della qualità degli ecosistemi marini potenzialmente derivanti dall'intervento in progetto.

I sedimenti da dragare sono caratterizzati da una successione stratigrafica molto articolata e discontinua in termini di estensione degli areali e di potenza degli spessori, nonché assai variabile per compattezza (presenza di continue intercalazioni di strati di argille, di strati rocciosi caratterizzati da calcareniti stratificate e di materiali sciolti (limi/sabbie).

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospensibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 76
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

In particolare, la litologia del fondale è caratterizzata dalla presenza variegata di limi argillosi, limi sabbiosi con resti di *Posidonia oceanica*, di sabbie/sabbie limose, di ghiaie/ghiaie limose e di calcareniti localmente cementate [cd “panchina”].

Tale eterogeneità stratigrafica ha determinato la necessità di effettuare numerose e dettagliate indagini geologico-geotecniche.

Per rappresentare l’eterogeneità stratigrafica degli strati da dragare si riportano alcune sezioni geologiche.

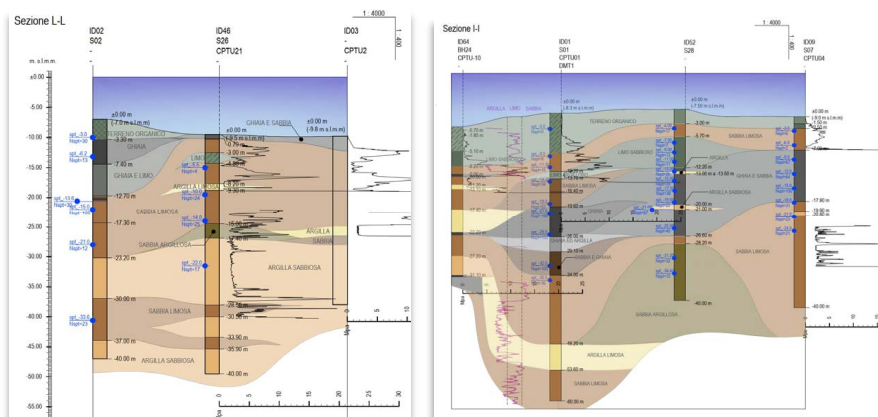
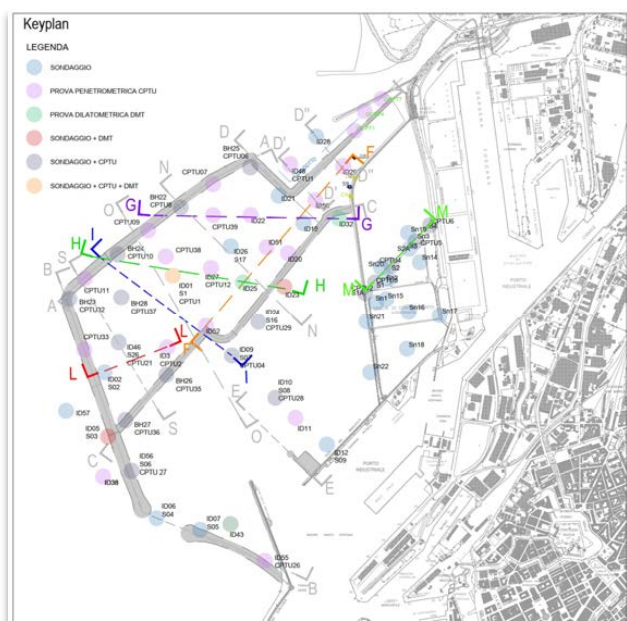


Figura 8-1 – estratto delle sezioni geologiche [sezioni L-L ed I-I]

Al contempo l’Autorità di Sistema ha provveduto ad eseguire una dettagliata campagna di caratterizzazione ambientale delle aree oggetto di dragaggio, conformemente a quanto stabilito dall’allegato tecnico al D.M. Ambiente n.173 del 15 Luglio 2016 (decreto di attuazione dell’art. 109 c. 2 del D.Lgs. 152/2006) e del Manuale per la movimentazione di sedimenti marini di ISPRA 2007.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 77
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Tra il 2021 e il 2022 sono state completate le indagini di caratterizzazione ambientale dei sedimenti finalizzate alla gestione dei sedimenti che saranno scavati per le opere foranee e per i dragaggi previsti nel presente progetto.

Una raccolta completa dei risultati delle indagini eseguite è riportata nell'elaborato "1233\_PD-C-011 'Studio di Impatto Ambientale - Allegato 1 'Relazione generale descrittiva relativa alle indagini conoscitive".

In definitiva, la caratterizzazione ambientale dei sedimenti sciolti superficiali ha discriminato una volumetria di sedimenti in classe di **"qualità D" per un quantitativo di circa 364.000 m<sup>3</sup> [pari a solo circa il 2,5% del volume complessivo da dragare] individuati e localizzati in n. 7 celle interessate dall'escavo subacqueo**, delle quali:

- **n. 3 all'interno dei settori di "capital dredging"** [denominate "F1\_P53 e F1\_P129" (nell'ambito della WBS 12 prospiciente la WBS5) ed "F1\_P42" (sul lato ovest della diga della Meloria)];
- **n. 4 nell'area d'imbasamento delle opere foranee** [denominate "F1\_P152, F1\_P155 e F1\_P158" (lungo le WBS2b e WBS2a relativo all'imbasamento della diga nord) ed "F1\_P102" (sul lato ovest della diga della Meloria)].

**Nel PE si prevede che i sedimenti in classe di "qualità D" saranno dragati esclusivamente meccanicamente con l'utilizzo di una benna mordente idraulica tipo "ecograb".**

**I suddetti sedimenti in classe di "qualità D", ai sensi del D.M. 15.07.2016 n. 173), saranno collocati esclusivamente in "ambiente conterminato ed impermeabilizzato" ed in dettaglio:**

- **a completare il settore impermeabilizzato della esistente cassa di colmata a terra (volumetria disponibile 470.000 m<sup>3</sup> circa);**
- **all'interno di un settore di 110.000 m<sup>2</sup> della prevista nuova cassa di colmata a tergo della radice della costruenda Diga Nord di sopraflutto**, all'interno di una vasca conterminata di adeguata capacità opportunamente impermeabilizzata, delimitata, sul lato mare, dalla stessa Diga Nord e, sul lato interno, da argini in materiale dragato.

Riguardo alle metodologie, alle attrezzature ed alle tecniche di dragaggio nell'ambito del PE si è proceduto a definire in ogni dettaglio la metodologia esecutiva dell'intervento, introducendo ottimizzazioni e miglioramenti esecutivi, rispetto al Progetto Definitivo, definendo il "piano di dragaggio operativo" in modo da ottemperare alle condizioni ambientali riportate nel Decreto di approvazione ambientale di VIA.

In dettaglio, si prevede di eseguire il dragaggio selettivo con due differenti metodologie:

1. **di tipo meccanico con motonave autocaricante e scaricante con piano/stiva di carico a tenuta "GD/GHD – Grab Hopper Dredger", equipaggiata con escavatore a traliccio, dotato di benna idraulica mordente tipo "ecograb", per la rimozione degli strati di sedimenti in classe di "qualità D", costituiti esclusivamente da materiali sciolti (limi/sabbie con resti organici di Posidonia oceanica);**
2. **di tipo idraulico con draga "CSD – Cutter Suction Dredger", per la rimozione dei sedimenti di classe di "qualità A, B, C e D", da refluire direttamente in colmata, di potenza idonea in grado di dragare nella complessa successione stratigrafica del fondale di Livorno, caratterizzato dalla presenza variegata di argille/limi argillosi, limi sabbiosi con resti di posidonia, di sabbie/sabbie limose, di ghiaie/ghiaie limose e di calcareniti localmente cementata [cd "panchina"], molto articolata e discontinua in termini di estensione degli areali e di potenza degli spessori nonché variabile per compattezza. La draga "CSD", come detto, dovrà avere una potenza al disgregatore elevata [> 800 kW] in modo da rimuovere anche gli strati compatti e rocciosi calcarenitici, che un dragaggio meccanico con draga "GD/GHD" non riesce ad eseguire, ovvero con produzioni in alcun modo compatibili con il cronoprogramma del lavoro, attesa la volumetria complessive da dragare di oltre 15,7 milioni di m<sup>3</sup>. Pertanto, l'impiego della draga "CSD" consente di eseguire una parte sostanziale dell'intervento (> 90% pari ad oltre 14.400.000 m<sup>3</sup>) nei tempi**



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 78
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

**imposti dal cronoprogramma dei lavori in quanto è garantita una produzione effettiva attesa non inferiore ai 30.000 m<sup>3</sup>/giorno.** La tempistica di esecuzione rappresenta un aspetto importante per le ricadute sul potenziale impatto ambientale dell'opera; infatti, **trattandosi di una lavorazione eseguita parzialmente all'esterno delle nuove opere foranee, la contrazione temporale della lavorazione ne riduce considerevolmente l'impatto, così come la limitata produzione di torbidità in zona di prelievo.** La tubazione di refluento sarà in parte galleggiante, per consentire il movimento della draga, ed in parte affondata o disposta a terra lungo le opere foranee; saranno previsti più punti di scarico per distribuire direttamente i sedimenti all'interno della colmata, senza dover utilizzare autocarri per il trasporto in colmata, come avviene con il dragaggio meccanico.

In via generale, le attività saranno effettuate in distinte fasi in modo da evitare interferenze tra i diversi mezzi effossori marittimi e meglio controllare e monitorare tutte le fasi di dragaggio.

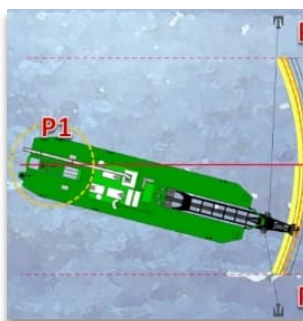
La draga tipo "GD/GHD" che sarà utilizzata riesce a garantire una produttività alta (circa 2.000/2.500 m<sup>3</sup> al giorno su un turno di 14 ore operative), perfettamente allineata ed ottimizzata per la gestione a terra in vasche temporanee in banchina, per il successivo carico e trasporto con mezzi terrestri nell'ambito dei due bacini impermeabilizzati di colmata. Infatti, il materiale depositato sarà ripreso da escavatori idraulici per essere caricato su camion che lo trasferiranno nei siti di destinazione.

La draga "GD/GHD" proposta è dotata di piloni idraulici di ormeggio/disormeggio rapido automatizzati, stiva di carico ed escavatore a funi di nuova generazione da 100 ton ed è equipaggiata con grappo idraulico con capacità di carico maggiore di 4,0 m<sup>3</sup>. Tutte le operazioni di dragaggio sono coadiuvate con un sistema di controllo integrato della posizione della nave e dell'attrezzatura dragante in DGPS satellitare in modo tale da garantire l'accuratezza selettiva dello scavo.

Al contempo, per il principio della "**massima cautela ambientale**", richiesto in tali situazioni e per assicurare in corso d'opera il pieno rispetto delle previsioni progettuali di rimuovere interamente il materiale in "classe D", in considerazione dell'adiacenza degli strati a diverso livello di contaminazione, si prevede di rimuovere, con il medesimo sistema di dragaggio ambientale meccanico, altamente selettivo, anche tutti gli strati adiacenti, complanari e/o interclusi (sovrastanti/sottostanti per uno spessore minimo di 0,5 m), in "classe A, B, C e D". Tale procedura consente di avere l'assoluta certezza di aver discriminato l'intero quantitativo indicato nel progetto da collocare in colmata nelle vasche conterminate ed impermeabilizzate.

Per la volumetria di materiale in classe A,B,C,D\* si procederà per mezzo di **dragaggio idraulico selettivo con draga aspirante e refluyente a disgregatore "CSD – Cutter Suction Dredger", dotata una potente pompa con bocca di aspirazione posta a tergo ed ridosso del disgregatore, in grado di captare il materiale disgregato/tagliato, costituito da una miscela di sedimento ed acqua.**

Nella seguente figura si riporta la documentazione fotografica della tipologia di mezzi marittimi effossori individuati per il dragaggio selettivo di tipo idraulico.



PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 79
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

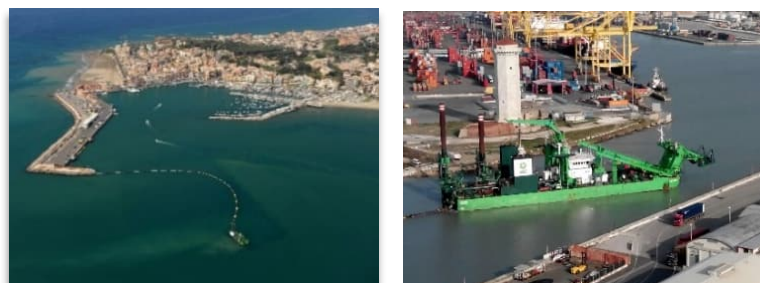


Figura 8-2 – principio di funzionamento operativo del brandeggio di una draga “CSD” ed alcuni esempi dell’impiego del convoglio effossorio semovente con rimorchiatore di assistenza.

La “CSD” opera per tagli complanari per strati successivi riducendo e limitando al minimo l’overdredging. Con tale tecnologia si ottiene una precisione nel dragaggio “decimetrica” tale da garantire una tolleranza verticale inferiore a 15 cm.

Il sistema automatizzato di controllo dell’elinda consente di rimuovere il materiale anche seguendo il profilo di progetto delle scarpate e realizzando pertanto un’accurata pendenza.

Si evidenzia che le draghe “CSD” sono attrezzate ed equipaggiate con tutte le tecnologie di posizionamento di ultima generazione. La draga “CSD” dispone di un sistema automatizzato di bordo, chiamato “SCADA”, che monitora costantemente tutti i parametri del mezzo e della miscela aspirata, garantendo in ciascun istante l’ottimizzazione del processo di escavo, oltre che la massima precisione nel profilo di dragaggio.

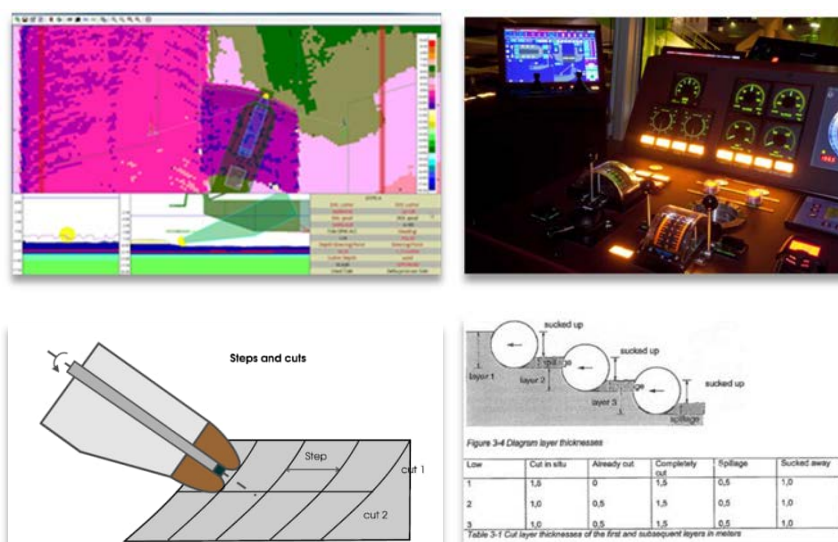


Figura 8-3 – principio consolle di controllo “sistema SCADA” e schematizzazione dragaggio layer sottili con draga CSD.

In particolare, dapprima si disgrega il sedimento da rimuovere mediante una testa fresante a rotazione, il materiale viene, quindi, aspirato in una tubazione DN 600/900 (in parte galleggiante), mediante una pompa centrifuga, e trasportato idraulicamente sino alla vasca di reflimento.

Il sistema di dragaggio impiegato, così dimensionato, risponde a specifici requisiti finalizzati alla minimizzazione degli impatti sull’ambiente circostante con la prevenzione della perdita di materiale (“spill”), dell’incremento di torbidità e della dispersione delle sostanze rimosse quali:

- elevata selettività e precisione nel posizionamento e nel taglio;

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 80
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

- un sistema di posizionamento ad elevata precisione e di monitoraggio in tempo reale della posizione nello spazio del sistema dragante e, più in particolare, del disgregatore, permette la realizzazione di un profilo di scavo accurato.
- **il mezzo impiegato consente, ottimizzando la combinazione di portata della pompa e velocità di rotazione del disgregatore in funzione delle caratteristiche del sedimento “in situ”, di convogliare tutto il materiale rimosso all’interno della condotta di refluento minimizzando la migrazione dei fini in sospensione nell’ambiente marino circostante.**

In particolare, il taglio dei materiali nelle formazioni litologiche compatte (strati in calcarenite “*cd. Panchina*” ed argillosi) determina una diffusione limitatissima nella colonna d’acqua al contorno della testa dragante, in quanto il materiale “*disgaggiato e scagliettato*” in elementi grossolani è “trascinato” e “convogliato” interamente nella bocca di aspirazione.

Altresì, anche operando negli strati di sedimenti sciolti, la “nuvola di torbidità” risulta limitata esclusivamente sullo strato profondo a contatto con il fondale ed avrà un’estensione planimetrica non superiore a 20-30 m, in relazione alle caratteristiche granulometrica del materiale intercettato (diffusione decrescente dai limi con materiali organici a sabbie).

Si evidenzia che comunque la torbidità è sempre limitata nello strato profondo a contatto con il fondale per uno spessore di colonna d’acqua interessato di circa 5 m, con tempi di deposito al contorno limitati e non intercettati dalle correnti superficiali prevalentemente legate all’azione del moto ondoso, che potrebbero maggiormente espandere la diffusione della torbidità.

Al riguardo, è stato sviluppato uno studio che correla la turbolenza generata localmente dal disgregatore in relazione alle caratteristiche geotecniche dei sedimenti e dalla fluidodinamica determinata dal sistema di pompaggio in aspirazione della draga e la potenziale diffusione della torbidità che si prevede al momento della rimozione dei sedimenti sciolti con un dragaggio idraulico selettivo con “CSD”.

Con riferimento allo studio della ri-sospensione dei sedimenti durante i dragaggi, considerato che, come esposto, la tecnica di dragaggio con la draga idraulica di tipo “CSD” genera una torbidità “non trascurabile” al fondo attorno al punto di prelievo (negli strati più profondi e meno mobili della colonna d’acqua) a causa dell’azione meccanica della testa disgregante operata dalla rotazione delle frese, quando attraversa stratificazioni di sedimenti sciolti non compatti (limi), si prevede d’implementare il piano di monitoraggio durante le fasi di dragaggio con “CSD”, quando si opera in strati litografici sedimentari di recente deposizione.

**Pertanto, a verifica e conforto delle ipotesi dei tempi di sedimentazione dei materiali “sito-specifici”, con i risultati del modello di simulazione della diffusione della torbidità nella colonna d’acqua dei sedimenti risospesi individuato e della correttezza delle procedure operative esecutive, si prevede d’implementare il piano di monitoraggio durante le fasi di dragaggio con “CSD”, effettuando misure di torbidità integrative, in stazioni mobili disposte a 50/60 m, oltre i limiti dell’area di dragaggio adiacenti al singolo settore operativo, per ogni giorno operativo del dragaggio idraulico con cadenza periodica ogni 24 ore, lungo almeno due profili a NW ed a SE delle successive aree di lavoro, con misure della torbidità a quota -2,0 e -5,0 m.s.l.m.m..**

Al riguardo, in relazione ai tempi di sedimentazione dei materiali sito-specifici, ai risultati del modello di simulazione del trasporto nella colonna d’acqua dei sedimenti risospesi individuato nel Progetto Esecutivo relativo ai pennacchi di torbidità indotti dal dragaggio, atto a fornire indicazioni su tempi e modalità di trasporto delle particelle all’intorno del disgregatore ed alla presenza di potenziali target ambientali sensibili (bioindicatori) a NW del canale scolmatore, **si valuta di adottare una “soglia di attenzione” di torbidità (in corso d’opera) molto precauzionale (atteso la vicinanza dalla fonte di torbidità) nelle stazioni di monitoraggio mobili integrative predisposte al contorno dell’areale di dragaggio pari a 60 NTU.**

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA	PROGETTO ESECUTIVO <b>Fasi operative di dragaggio ed accorgimenti tecnici di mitigazione del sedimento sospendibile – Relazione tecnica</b>	DATA Aprile 24	REV. C0	PAGINA 81
	CODICE ELABORATO: 1233-PE-0-0-CAN-R-010-0			

Qualora si accertati durante il monitoraggio in corso d'opera, il superamento del valore limite di attenzione di NTU sopraindicato, viene attivato un monitoraggio ogni 12 ore sul punto che ha superato la soglia di attenzione (*early warning*) e qualora detto valore persisti per oltre 48 ore, anche in assenza di superamenti nelle altri stazioni di monitoraggio e, nel caso che esso sia effettivamente riconducibile alle operazioni di dragaggio, le attività di escavo dovranno essere comunque sospese fino al rientro dei valori di torbidità entro il valore soglia, con contestuale verifica di eventuali anomalie o danneggiamenti alle attrezzature di movimentazione dei sedimenti.

Si evidenzia che attraverso i dati rilevati in corso d'opera, su richiesta degli Enti Vigilanti, si potranno ricalibrare i valori di soglia dinamici assunti, anche se è presumibile con buona certezza, attesa la caratteristica dei sedimenti presenti caratterizzati da un peso specifico dei granuli elevato (sabbie limose di natura sedimentaria calcarea) e sulla base delle modellazioni effettuate, che il limite di attenzione individuato sia molto rappresentativo.

Resta, comunque, intesa la possibilità da parte dell'Ente di Controllo di richiedere l'effettuazione di un ciclo di monitoraggio in qualsiasi momento delle attività di dragaggio al fine di verificare il persistere delle ipotesi iniziali e valutare eventuali integrazioni.

Quanto sopra esposto **sarà eseguito salvo diverse ovvero integrative determinazioni, precisazioni e prescrizioni che l'Ente di Controllo ARPA Toscana debba disporre in fase di comunicazione del presente documento e/o in corso d'opera.**

**Le metodologie di dragaggio previste nel PE, oltre a minimizzare gli impatti di ri-sospensione e garantire tassi di produzioni sostenibili per l'ambiente, sono coerenti alle caratteristiche geotecniche ed ai notevoli quantitativi dei sedimenti da rimuovere ed al cronoprogramma di progetto, con la contestuale introduzione di accorgimenti tecnici per ridurre il rilascio di sedimento dalla testa dragante (modulando la potenza e la velocità di rotazione del disgregatore in relazione alle tipologie di sedimenti individuati nel modello geotecnico) e di misure integrative di monitoraggio per verificare la diffusione del sedimento sospendibile.**

Peraltro, la metodologia prevista nel PE è allineata al parere tecnico positivo della sottocommissione VIA n. 130 in data 11 dicembre 2020, nell'ambito della procedura ex "*scoping*" (codice procedura 5515) che si è conclusa positivamente con condizioni con l'emissione della Determinazione Direttoriale "*MATTM\_2021-0000028 del 04/01/2021*", nel quale si prevedeva il dragaggio con l'utilizzo prevalente della draga CSD, imponendo di prevedere per il controllo della torbidità l'attivazione di un "*piano di monitoraggio in corso d'opera*" con la definizione di "*azioni mitigative, secondo soglie di attenzione e/o di allarme*".

Il comma iii) del punto c della presente condizione ambientale è stato compiutamente assolto nella fase di redazione del Progetto Esecutivo, i livelli di attenzione definiti nel PMA per la tutela dell'ecosistema saranno discussi preliminarmente con ARPAT ed eventualmente adeguati ad eventuali indicazioni diverse che dovessero provenire dagli organismi di controllo.