



Autorità Portuale di Augusta

**LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO  
DELLA TERZA FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA  
- BANCINE CONTAINERS -**

IMPRESE:



**Condotte** S.p.A.

Fondata il 7 aprile 1880

(MANDATARIA)



**PIACENTINI  
COSTRUZIONI** spa



**Cosedil** spa

(MANDANTI)

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**

3	<input type="text"/>				
2	<input type="text"/>				
1	<input type="text"/>				
0	<input type="text" value="081114"/>	PRIMA EMISSIONE	E. D'ACCARDI	E. D'ACCARDI	F. GIORDANO
REV.	DATA	EMISSIONE	RED.	VER.	APPR.
PROGETTO <input type="text" value="1073"/>		OPERA <input type="text" value="GE00"/>	TIPO ELAB. <input type="text" value="E"/>	N° ELAB. <input type="text" value="003"/>	REV. <input type="text" value="A"/>
SCALA:					

TITOLO ELABORATO:

**OPERE DI MITIGAZIONE E MONITORAGGI AMBIENTALI**

Piano caratterizzazione sedimenti e piano di monitoraggio acque marine

PROGETTAZIONE:



(MANDATARIA)



**SIGMA INGEGNERIA s.r.l.**  
Via della Libertà, 201/A  
90143 PALERMO  
Tel. 091/6254742 - Fax 091/307909  
C.F. e P.IVA 02639310826  
e-mail: sigmaingsr1@gmail.com



(MANDANTE)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:  
**Geom. Venerando Toscano**

PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE E PIANO DI  
MONITORAGGIO DELLE ACQUE MARINE

Introduzione .....	4
1. Caratteristiche progettuali e fasi di cantiere.....	6
1.1. Caratteristiche dell'area portuale .....	6
1.2 Descrizione del progetto a base di gara .....	6
1.3 Descrizione degli interventi di I° stralcio funzionale con esclusione delle aree di proprietà della Marina Militare .....	7
1.4 Descrizione degli interventi di II° stralcio funzionale .....	9
1.4.1 Schema del dragaggio e di realizzazione del rilevato a mare .....	11
1.4.2 Fasi realizzative dell'opera come previsto dal capitolato di gara .....	12
1.5 Descrizione delle migliorie .....	15
1.5.1 Migliorie per l'esecuzione delle paratie a contenimento del rilevato .....	15
1.5.2 Migliore utilizzo della banchina id testata per l'approdo .....	22
1.5.3 Fasi realizzative della proposta migliorativa .....	23
2 Piano di Caratterizzazione – Sedimenti Marini .....	27
2.1 Inquadramento ambientale.....	27
2.2 Principali caratteristiche.....	28
2.3 Principali caratteristiche geologiche.....	28
2.4 Principali caratteristiche geomorfologiche .....	28
2.5 Processi meteo-marini.....	29
2.6 Descrizione obiettivi e attività .....	29
2.7 Strategia di campionamento dei sedimenti marini.....	29
2.8 Schema di campionamento .....	30
2.9 Caratterizzazione dei sedimenti marini.....	31
2.10 Profondità di campionamento .....	32
2.11 Scelta dei campioni .....	32
2.12 Metodologia di campionamento.....	33
2.13 Preparazione dei campioni e sub-campionamento.....	33
2.14 Trattamento e conservazione dei campioni.....	34
2.15 Criteri per la scelta dei laboratori incaricati per le analisi .....	36
2.16 Analisi previste .....	36
2.16.1 Analisi Fisiche.....	36
2.16.2 Analisi chimiche .....	37
2.16.3 Analisi Microbiologiche .....	40
2.16.4 Analisi ecotossicologiche.....	41
2.17 Validità delle analisi.....	42
2.18 Modalità di restituzione dei risultati .....	42
2.19 Elaborazione e valutazione dei risultati .....	43
2.20 Modalità di gestione del sedimento rimosso.....	44
2.21 Verifica dei fondali dragati .....	44
2.21.1 Schema di campionamento .....	45
2.21.2 Analisi previste .....	45
3 Piano di Caratterizzazione – Aree a terra.....	48
3.1 Schema di campionamento .....	48
3.2 Selezione delle sostanze inquinanti da ricercare.....	49
3.3 Modalità di esecuzione sondaggi e piezometri .....	49
3.4 Campionamento terreni e acque sotterranee .....	50
3.5 Terreni.....	50
3.6 Acque sotterranee.....	50
3.7 Sondaggi e campioni della campagna di caratterizzazione.....	51

3.8	Analisi chimiche .....	53
3.8.1	Dei terreni .....	53
3.8.2	Delle acque.....	53
3.8.3	Set analitico nel sottosuolo e nelle acque sotterranee .....	54
4	Piano di monitoraggio delle acque marine.....	57
4.1	Normativa di riferimento .....	57
4.2	Principali caratteristiche geomorfologiche .....	57
4.3	Componente vegetazione, flora e fauna marine* (estratto dalla relazione del Q.R. Ambientale della Valutazione di Impatto Ambientale) .....	58
4.3.1	Inquadramento geografico e territoriale-amministrativo .....	58
4.3.2	Metodologia .....	58
4.3.3	La vegetazione .....	58
4.3.4	La fauna.....	59
4.3.5	Individuazione degli impatti .....	60
4.4	Analisi del moto ondoso nell'area di progetto .....	60
4.5	Mobilità dei sedimenti .....	61
4.6	Ricambi idrici.....	61
4.6.1	Variazioni di livello per effetto del fenomeno ciclico delle maree.....	61
4.6.2	Agitazioni associate ai settori di traversia del paraggio.....	61
4.6.3	Apporti di acqua dal bacino conferente sotteso dal segmento costiero della rada.....	61
4.7	Strategia di campionamento delle acque marine.....	62
4.7.1	MONITORAGGIO FASE 1 – Caratterizzazione ante operam.....	62
4.7.2	MONITORAGGIO FASE 2 – In fase di costruzione .....	64
4.7.3	MONITORAGGIO FASE 3 – Verifica post-operam .....	69
4.8	Modalità per la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici.....	71
4.8.1	Elementi biologici .....	71
4.8.2	Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici .....	71
4.8.3	Elementi chimici e fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici .....	71
4.8.4	Inquinanti specifici.....	71
4.8.5	Definizioni normative per la classificazione dello stato ecologico.....	71
4.9	Analisi previste .....	74
4.9.1	Rilevamento in sito di parametri idrologici e fisico chimici.....	74
4.9.2	Campionamento ed analisi in laboratorio di parametri fisico-chimici.....	75
4.9.3	Analisi in ante operam e post operam.....	75
4.9.4	Prelievi integrativi eseguiti dall'Impresa Affidataria e non prescritti da ISPRA - Campionamento ed analisi in laboratorio di parametri fisico-chimici - Analisi in corso d'opera..	77

## Introduzione

Il Piano di Monitoraggio Ambientale dei lavori per l'“APPALTO PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEL SECONDO STRALCIO E PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO DELLA TERZA FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA – BANCHINE CONTAINERS”, è stato redatto in osservanza delle indicazioni poste nel Progetto di Fusione ed integrazione relativo alle opere di primo stralcio esecutivo “con esclusione dell'area della Marina Militare” e di secondo stralcio definitivo del porto commerciale di Augusta terza fase – banchine containers. Sono state valutate nello specifico gli elaborati del Titolo III: Fusione ed integrazione I e II stralcio, ed in particolare:

- Elaborato 001/1 - Relazione mitigazioni e monitoraggi ambientali – Protocollo ambientale;
- Elaborato 001/2 - Relazione mitigazioni e monitoraggi ambientali – Disciplinare tecnico di integrazione al Capitolato Speciale d'Appalto;
- Elaborato 001/3 - Relazione mitigazioni e monitoraggi ambientali – Piano di caratterizzazione sedimenti marini e Verifica fondali dragati;
- Elaborato 001/4 - Relazione mitigazioni e monitoraggi ambientali – Piano di caratterizzazione della parte a terra;
- Elaborato 001/5 - Relazione mitigazioni e monitoraggi ambientali – Piano di monitoraggio delle acque marine;
- Elaborato 008/1 - Caratterizzazione dei sedimenti marini Verifica dei fondali dragati – Planimetria dei carotaggi e prelievi;
- Elaborato 008/2 - Piano di caratterizzazione della parte a terra – Planimetria dei carotaggi e prelievi;
- Elaborato 008/3 - Monitoraggio chimico fisico delle acque marine – Planimetria con ubicazione dei punti di misura;
- Elaborato 008/4 - Monitoraggio della qualità dell'aria – Planimetria con ubicazione dei punti di misura;
- Elaborato 008/5 - Monitoraggio del rumore – Planimetria con ubicazione dei punti di misura;
- Elaborato 008/6 - Monitoraggio biologico;
- Elaborato 008/7 - Tavole delle preesistenze da salvaguardare durante il corso dei lavori e in esercizio.

In fase di gara la società Condotte ha proposto delle migliorie sulle attività previste dal Piano di Caratterizzazione e del Piano di Monitoraggio Ambientale posti a base di gara. A seguito dell'aggiudicazione dell'incarico la società Condotte ha redatto, per l'avvio del monitoraggio, il Piano di Monitoraggio Operativo, adeguando le *Relazioni di mitigazione e Monitoraggio Ambientale* redatto dall'ing. Francesco Nicchiarelli (Progetto di Fusione Titolo III, elaborato 001/1, elaborato 001/2 elaborato 001/3, elaborato 001/4, elaborato 001/5) alle migliorie proposte nel “*Piano di incantieramento - Relazione Ambientale*”.

Il piano viene suddiviso nelle principali componenti ambientali coinvolte nella realizzazione dell'opera; così come ribadito dal Disciplinare tecnico di integrazione al Capitolato Speciale d'Appalto, le componenti ambientali sottoposte ad attività di monitoraggio sono:

1. Sedimenti marini
2. Aree a terra
3. Acque marine

L'analisi/monitoraggio delle componenti ambientali descritte nel presente documento è contemplata rispettivamente nei seguenti capitoli:

- Piano di caratterizzazione
  - Sedimenti marini
  - Aree a terra
- Piano di monitoraggio delle acque marine

Per ciascuna componente ambientale sono stati individuati una serie di indicatori di qualità, descritti nei paragrafi seguenti in ogni sezione specifica, che saranno oggetto delle attività di rilevamento in campo, raccolta di campioni ed analisi chimico-fisiche e di elaborazione dei dati rilevati.

La caratterizzazione ha lo scopo di monitorare i livelli di qualità delle componenti ambientali analizzate in tre periodi distinti:

- prima dell'inizio dei lavori (*ante operam*)
- nel corso della operatività del cantiere

- per un determinato arco temporale dopo la fine dei lavori (post operam)

L'obiettivo è quello di evidenziare la qualità e l'entità degli impatti in corso d'opera e in fase di esercizio, nonché di mantenere un adeguato livello di sorveglianza ambientale nei confronti dei rischi più consistenti.

Secondo le indicazioni del Disciplinare tecnico di integrazione al Capitolato Speciale d'Appalto, il monitoraggio in corso d'opera dovrà essere finalizzato a:

- Controllare gli effetti temporanei in relazione alle attività di cantiere;
- Rilevare le situazioni di anormalità e di non conformità;
- Fornire le basi per la definizione di conseguenti idonee azioni correttive;
- Verificare l'idoneità delle eventuali misure di mitigazione degli impatti rilevati previste in sede progettuale.

Le attività di monitoraggio verranno condotte nel rispetto delle procedure previste nel protocollo ambientale condiviso tra Ente Appaltante, ARPA Sicilia e Regione Sicilia.

## **1. Caratteristiche progettuali e fasi di cantiere**

### **1.1. Caratteristiche dell'area portuale**

Il Porto di Augusta è classificato nella 1<sup>a</sup> classe della II categoria dei porti marittimi nazionali secondo l'attuale classificazione dei porti, disciplinata dalla legge del 28 gennaio 1994 n.84, è un importante porto commerciale, industriale e turistico e una importante base navale della Marina Militare Italiana.

Il porto occupa interamente la baia di Augusta ed è composto da tre grandi sezioni:

- Porto Xifonio che è la parte di mare compresa fra Punta Izzo e Punta Carcarella.
- Porto Megarese: è la sezione di rada interna della costa nord/ovest delimitata dalle dighe a settentrionale, centrale e meridionale.
- Seno del Priolo: è il settore posto di fronte agli impianti di raffinazione di petrolio ed è compreso tra la diga megarese meridionale e la penisola di Magnisi.

Il complesso portuale è protetto da circa 6,5 km di dighe foranee con due aperture di ingresso. Il complesso di pontili raggiunge 6,8 km di lunghezza e dispone di 43 accosti disposti su 1.160 m di banchine. Lo specchio d'acqua assomma a 45.000 metri quadrati, il pescaggio medio è di 14-18 m, con punti fino a 22 m. Le superfici attrezzate sono di oltre 250.000 metri quadrati, con estensioni previste nell'ambito del ricupero delle aree industriali adiacenti dismesse. Il complesso portuale è dotato di cantieri navali, di riparazione, rimessaggio e rifornimento. Una parte cospicua è dotata di attracchi e attrezzature ad uso turistico/diportistico. Una delle attività principali del porto è rappresentata dall'attività di trasporto marittimo dei prodotti di raffinazione del petrolio.

Il porto nel 2006 è risultato il quinto in Italia per flusso merci, con 32.360 milioni di tonnellate di merci movimentate; l'anno dopo, il 2007 ha registrato un incremento a 33.041 milioni di tonnellate, di cui 31,5 sono costituite da merci rinfuse liquide il che ne fa il principale porto petrolifero italiano. Il porto di Augusta movimentava inoltre prodotti chimici, fertilizzanti, cemento, fosfati, ferro, legname, marmo, basalto e carbon fossile per un totale annuo di circa 1,5 milioni di tonnellate. Il porto è sede della Capitaneria di Porto di Augusta.

L'Autorità Portuale di Augusta è stata istituita con il D.P.R. 12/04/2001, ai sensi dell'art.6 comma 8 della legge 84/1994, mentre la circoscrizione territoriale di quest'ultima è stata determinata con D.M. 5 settembre 2001, costituita "dalle aree demaniali marittime, dalle opere portuali e degli antistanti spazi acquei indicati nel Piano Regolatore Portuale e compresi nel tratto di costa identificato dalle coordinate geografiche aventi latitudine 37°13'04"N e longitudine 15°13'54".

Il Porto di Augusta fa inoltre parte della rete transeuropea TEN (Trans-European Network) dei porti marittimi di categoria A, insieme con gli altri porti siciliani di Palermo, Trapani, Gela, Siracusa, Catania, Messina e Milazzo e per le sue caratteristiche strutturali, fondali con profondità tra i 16 e 20m, risulta essere un porto in grado di ospitare grosse navi "feeder", sviluppando operazioni di transhipment.

### **1.2 Descrizione del progetto a base di gara**

Il presente Progetto Esecutivo di 1° e 2° Stralcio fa parte del Progetto Generale di Realizzazione del Porto Commerciale di Augusta - Opere di completamento 3<sup>a</sup> fase – Realizzazione della banchina containers, e prevede in questa fase la realizzazione di gran parte dei piazzali connessi alla banchina esistente. Di seguito si descrivono i due stralci esecutivi.

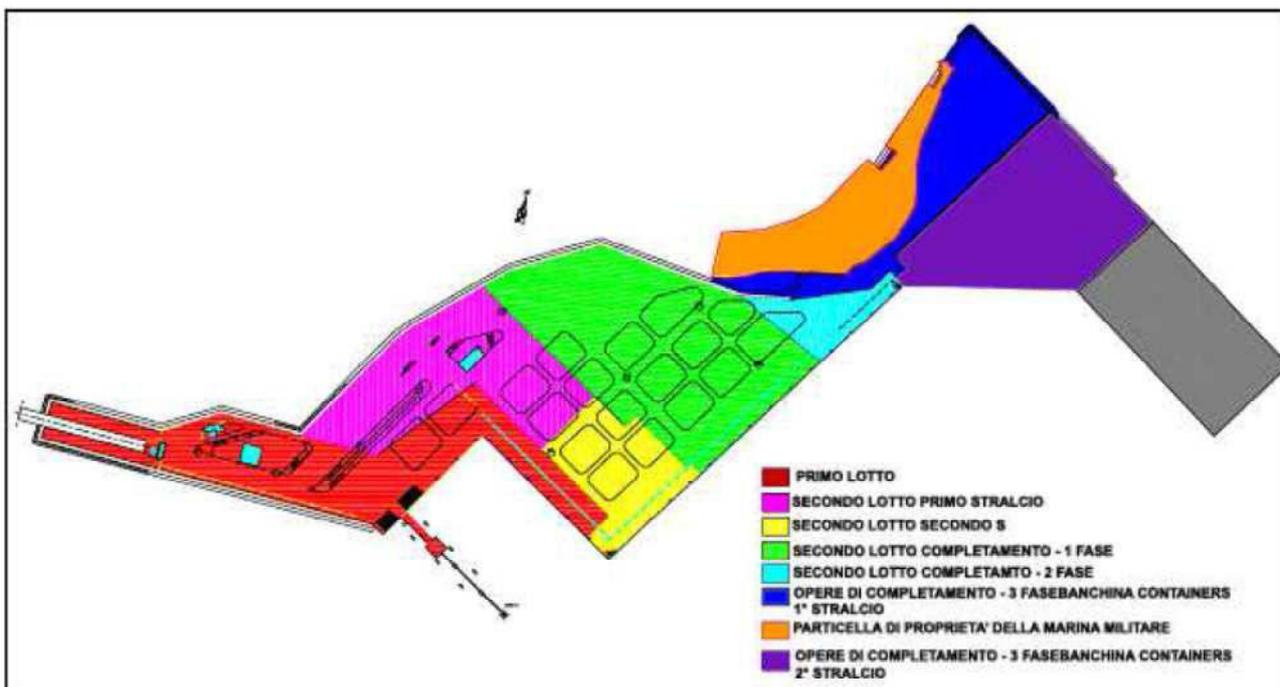
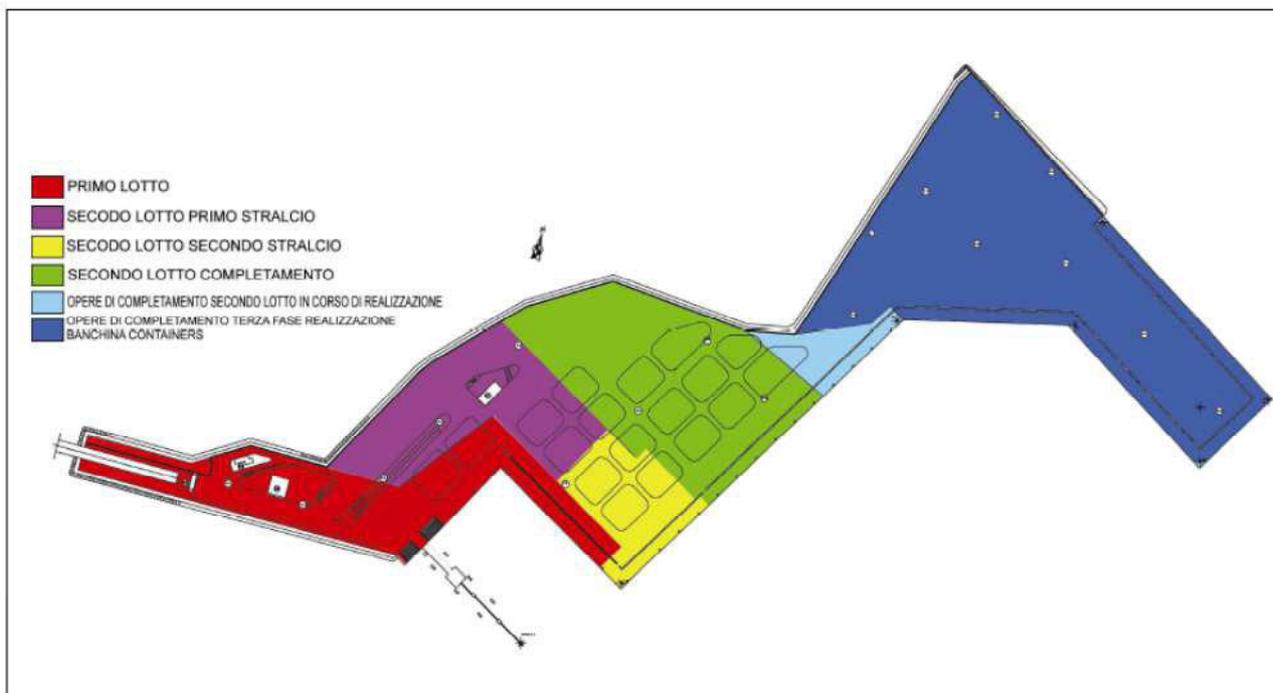
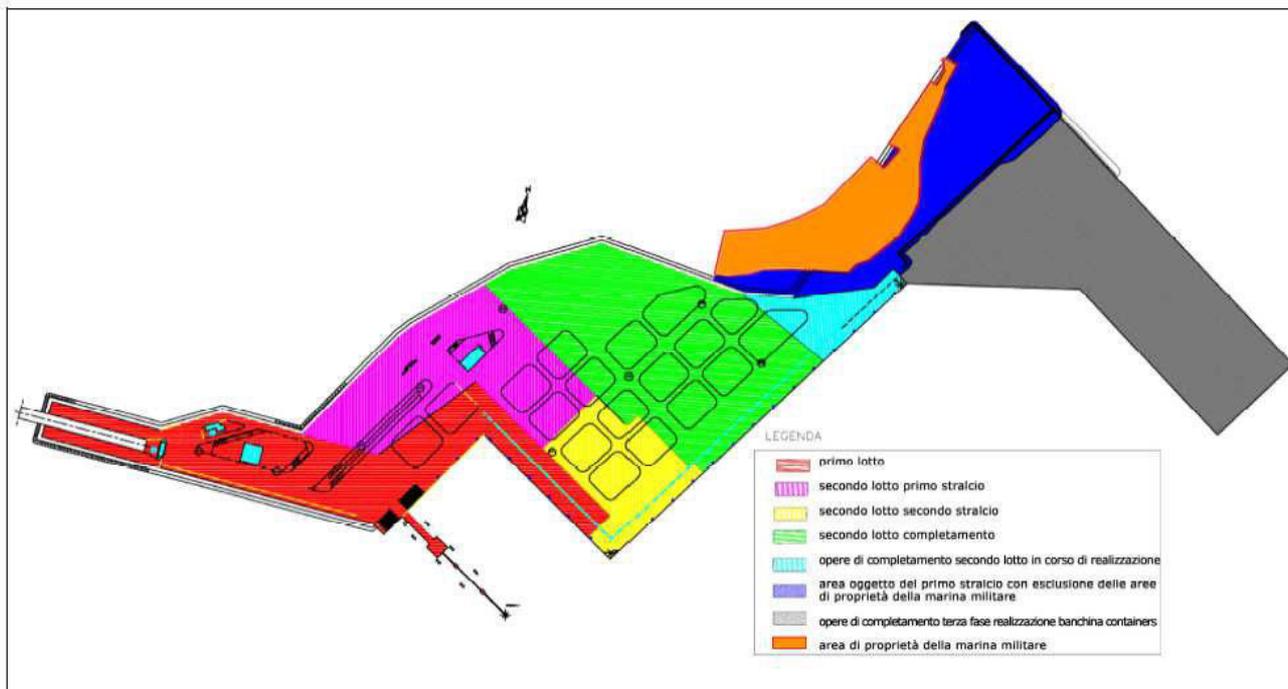


Figura 1 – Planimetria del porto con le varie fasi di realizzazione

### 1.3 Descrizione degli interventi di 1° stralcio funzionale con esclusione delle aree di proprietà della Marina Militare

Il Progetto Esecutivo del 1° stralcio funzionale con esclusione delle aree della Marina Militare (vedi **Figura 2**), è stato redatto a seguito delle lungaggini burocratiche relative alla acquisizione da parte della Autorità Portuale delle particelle di proprietà del Demanio dello Stato, ramo Aeronautica, ormai in fase di definizione, essendo divenuto cogente il rischio di perdita dei fondi stanziati per la esecuzione delle opere, rischio che porterebbe alla vanificazione dell'intero intervento, l'Autorità portuale e per Essa il RUP, Geom. Venerando Toscano, dispone di predisporre il progetto di Realizzazione

banchina containers primo stralcio funzionale con esclusione delle aree della Marina Militare – Terza Fase -. Oggetto della presente relazione.



**Figura 2 – Planimetria del porto con le varie fasi di realizzazione con l'individuazione in blu del progetto di 1° Stralcio funzionale con esclusione delle aree di proprietà della Marina Militare, in grigio il futuro ampliamento della banchina containers e in arancio l'area di proprietà della Marina Militare**

La realizzazione dell'intervento prevede l'ampliamento dei piazzali esistenti, che andranno ad occupare l'area ubicata a ridosso dell'area portuale del Porto commerciale di Augusta, delimitata a sud-est dal mare Jonio e a nord-ovest l'area dell'ex sede dell'idroscalo della Marina Militare di proprietà di quest'ultima. L'accesso avviene attraverso un sottopasso della ferrovia, la zona è delimitata da una recinzione costituita da un muro in cls avente altezza di circa 50 cm sormontato da rete metallica fissata a paletti di ferro. Morfologicamente presenta una parte pianeggiante avente estensione di circa 40.000 mq ad una quota media sul livello del mare m. 1,50, che si estende dalla linea di battigia fino a ridosso del muro di contenimento che segna l'inizio della scarpata della ferrovia, ed una parte in pendenza che da una quota di circa 20 m sul livello del mare degrada fino alla battigia. Nella parte pianeggiante sono presenti edifici in muratura in pessimo stato di conservazione ed in alcuni casi anche in precarie condizioni strutturali, sono presenti anche un bunker in cemento armato risalente al secondo conflitto mondiale, un pozzo e quattro capannoni metallici privi per quasi la totalità di copertura e pareti, e pericolanti gran parte esclusi dal presente progetto perché all'interno della proprietà della Marina Militare. La parte in pendenza è coperta parzialmente da alberi di eucalipto ed in parte da sterpaglie. Verranno realizzati circa 46.000 mq di piazzale con terrapieni eseguiti in tout-venant in materiale vergine di cava per il tratto di fondazione e misto cementato per lo strato di fondazione, e lastre in cls per la pavimentazione (vedi **Figura 3** e **Figura 4**). Sarà realizzata, inoltre una scogliera con scogli di prima categoria di pezzatura compresa tra i 300 e 500 Kg.

Per quello che riguarda gli impianti esterni verrà messo in opera l'impianto di smaltimento acque bianche realizzato con tubi in polietilene. Tale impianto sarà dotato di un sistema di sollevamento per il trasferimento delle acque di prima pioggia ad un impianto di depurazione mentre il troppo pieno verrà sollevato e per caduta verrà smaltito a mare. Verrà realizzato l'impianto antincendio esterno dotando l'area di idranti UNI 70 interrati con pompa di presa a mare. Verrà completato l'impianto idrico che porterà l'acqua e sulla parte residua di banchinamenti. Verrà realizzato l'impianto elettrico dotando l'area di 3 nuove torri faro che si affiancano alle 12 esistenti, verrà realizzata infine una quarta cabina di trasformazione che si affianca alle tre esistenti.

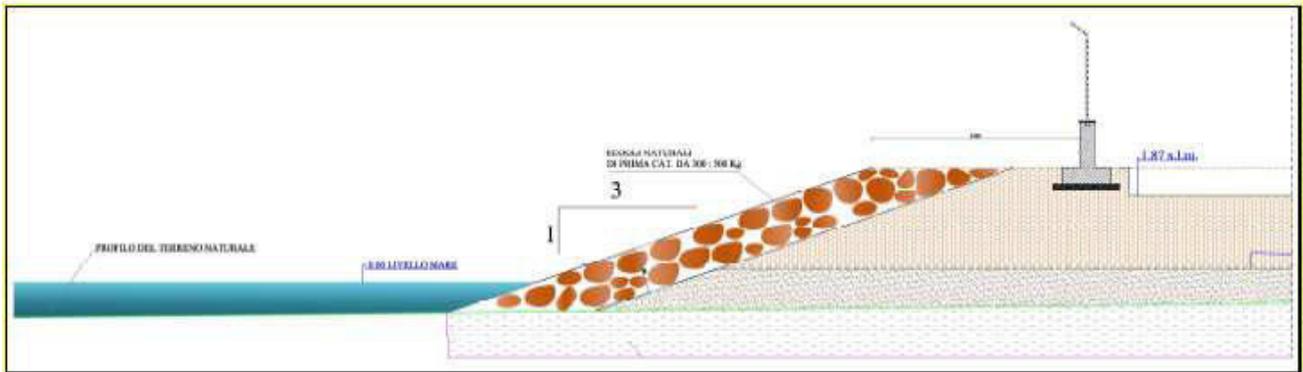


Figura 3 – Sezione tipo esecuzione piazzale rilevato, scogliera e recinzione

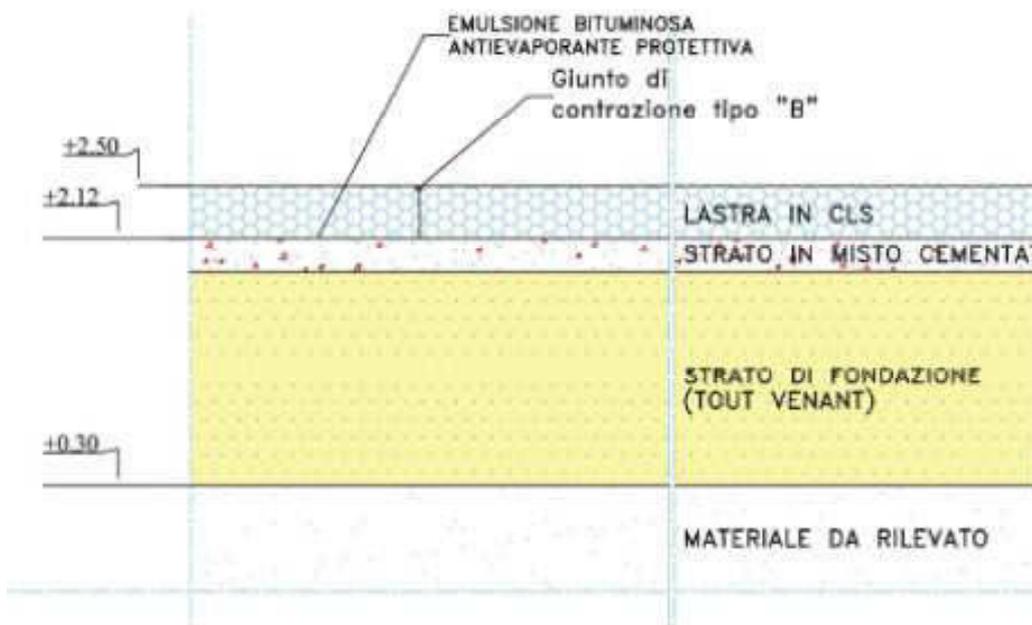
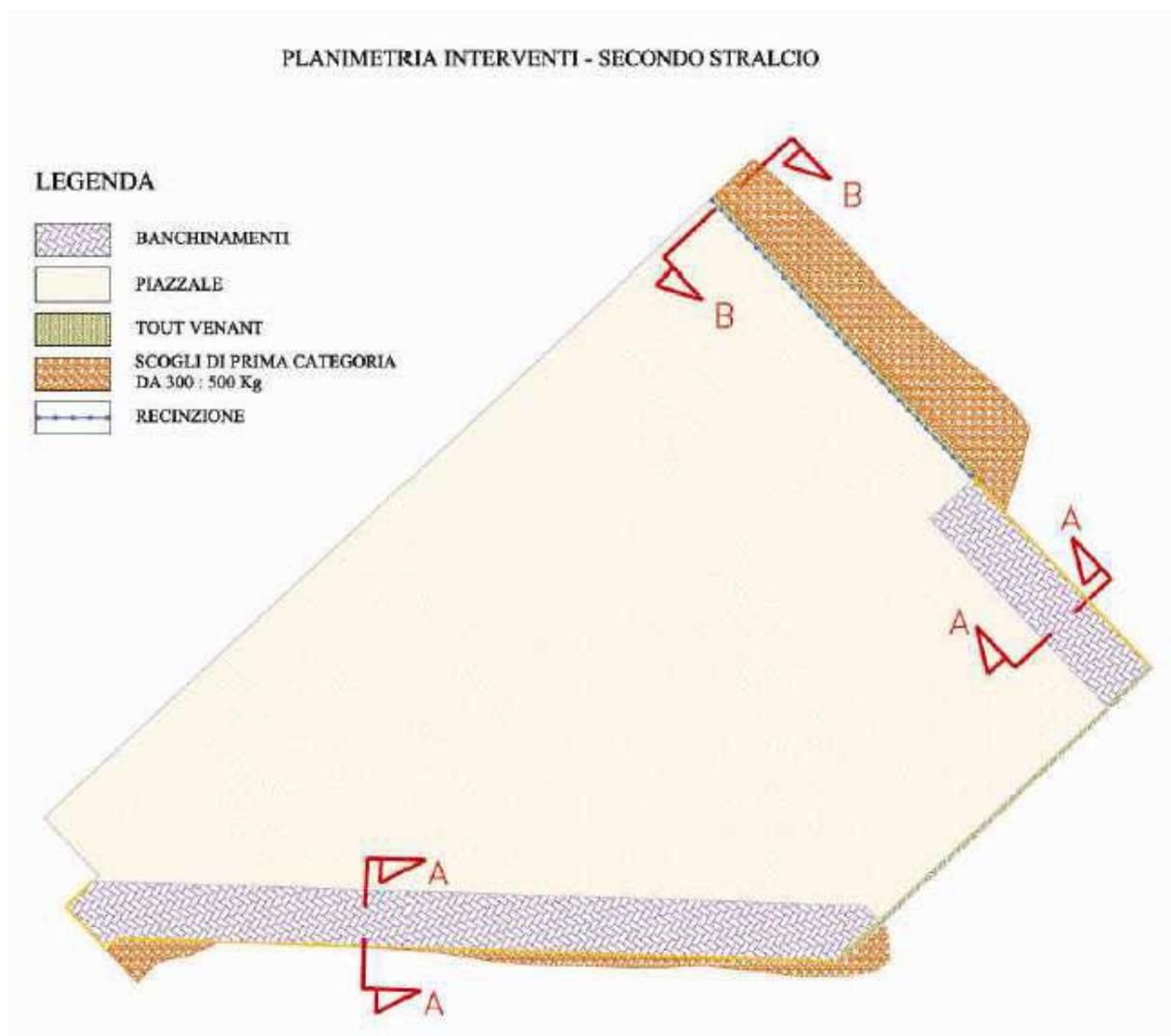


Figura 4 –Pacchetto pavimentazione containers

#### 1.4 Descrizione degli interventi di II° stralcio funzionale

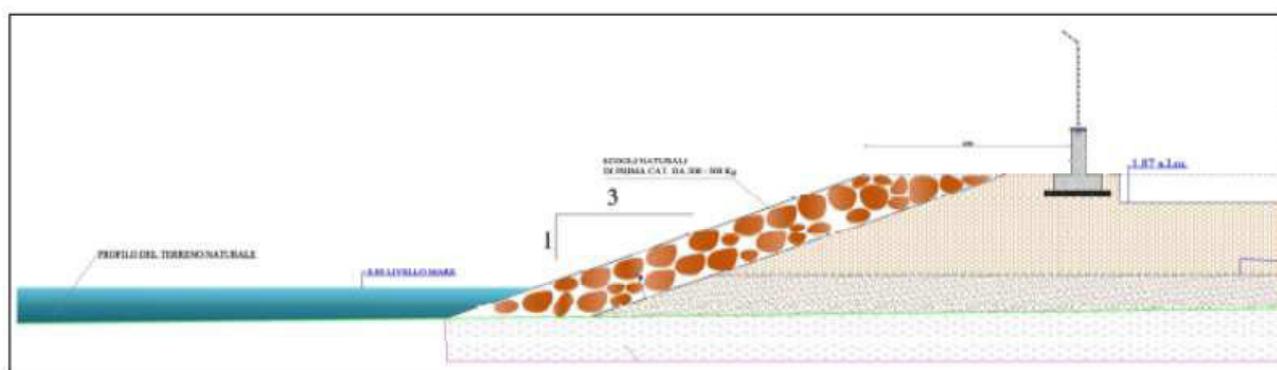
La realizzazione dell'intervento prevede l'ampliamento dei piazzali esistenti e quelli previsti nel 1° Stralcio. Verranno realizzati circa 81.000 mq di piazzale interamente a mare (vedi **Figura 5**). Questi sono dei terrapieni eseguiti in tout-venant in materiale vergine di cava per il tratto di fondazione e misto cementato per lo strato di fondazione, e lastre in cls per la pavimentazione (vedi **Figura 4**).



**Figura 5 –Planimetria piazzali**

Sarà realizzata, inoltre una scogliera con scogli di prima categoria di pezzatura compresa tra i 300 e 500 Kg. (vedi Sezione B-B - **Figura 6**).

A contenimento di questo terrapieno oltre alla scogliera sopra descritta, è prevista la realizzazione di banchinamenti in c.a. realizzati su pali in c.a di grande diametro (vedi Sezione A-A - **Figura 7**).



**Figura 6 – Sezione B-B -Esecuzione piazzale rilevato, scogliera e recinzione**



Figura 7 – Sezione A-A – Banchinamenti

I pali hanno diametro pari a 1500 mm e vengono così realizzati:

- posizionamento del tubo forma che viene fatto penetrare nell'argilla;
- si procede all'aspirazione dell'acqua presente nel tubo forma con l'ausilio di pompe;
- dopo lo svuotamento, si effettua, mediante carotatrice, il foro fino a raggiungere la profondità di -39.50 m (s.l.m.);
- dopo aver effettuato il foro viene calata e posizionata all'interno del tubo forma la camicia in lamiera di ferro che resterà a protezione del palo dal contatto con l'acqua;
- a seguire viene calata e posizionata l'armatura del palo;
- e infine si procederà al getto del cemento continuo e relativa vibratura.

#### 1.4.1 Schema del dragaggio e di realizzazione del rilevato a mare

La realizzazione dei piazzali a mare avviene in fasi secondo il crono programma dei lavori. Il dragaggio viene realizzato tutto in una fase unica – **Fase 4** – nella quale è previsto lo scavo subacqueo di max 1 m di bonifica per la preparazione del piano di posa delle opere a mare previste. Tutte le attività di movimentazione dei sedimenti marini, asportazione e trasporto del materiale, verranno condotte minimizzando gli impatti sull'ambiente circostante attuando tutte le cautele necessarie a ridurre la risospensione dei sedimenti e la perdita del materiale. L'escavo subacqueo infatti verrà eseguito con benna mordente a tenuta stagna idraulica o meccanica e durante tali fasi lavorative saranno messi in atto tutti gli accorgimenti per la delimitazione dell'area di dragaggio, con l'impiego di panne di contenimento galleggianti ancorate fino al fondale per evitare la dispersione del materiale sospeso durante l'escavo. Il dragaggio è inoltre realizzato in presenza di stazioni di rilevamento mobili previste nel presente progetto di monitoraggio delle acque marine posizionate all'esterno delle panne di contenimento per verificarne l'efficacia con un controllo giornaliero delle condizioni torbidità e dei parametri fisici principali nella colonna d'acqua mediante sonde multiparametriche. Al termine dell'escavo dell'area realizzata in **Fase 4**, prima di iniziare la realizzazione del relativo rilevato a mare, prevista in **Fase 5**, sarà eseguita la Verifica dei fondali dragati ai sensi dell'art. 5 del DM 7 novembre 2008 dello strato superficiale e per i soli parametri che superano i valori di intervento specifici per il Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Priolo – Rada di Augusta individuati da ICRAM (ora ISPRA). Verificato che i valori di concentrazione misurati nei sedimenti marini non superino detti limiti di intervento, e quindi esclusa la necessità di attivare la procedura di bonifica, si procede alla realizzazione del rilevato con idoneo materiale proveniente da

cava, eseguito a strati orizzontali di 30 cm fino al raggiungimento della quota di progetto di 0.30 m s.l.m., per avanzamenti consecutivi di 5,00 m fino alla quota di progetto di +0.30 m s.l.m. e per aree definite nel cronoprogramma seguente.

A seguire si procederà al ricoprimento di porzioni di terrapieno con tout-venant di cava fino al raggiungimento della quota di 1.87m s.l.m. e delle scogliere a delimitazione dei piazzali. Nel paragrafo seguente sono descritte tutte le attività realizzate nelle relative fasi.

#### 1.4.2 Fasi realizzative dell'opera come previsto dal capitolato di gara

Si riportano di seguito le attività previste durante le fasi realizzative dell'opera secondo il progetto di Fusione posto a base di gara. I giorni indicati sono da intendersi lavorativi

<p style="text-align: center;"><b>ANTE OPERAM (Prima dell'inizio dei lavori)</b></p> <p>Caratterizzazione della parte a terra.</p> <p>Caratterizzazione dei sedimenti marini ai sensi dell'Allegato A del DM 7 novembre 2008</p> <p>Caratterizzazione della situazione ante operam delle seguenti componenti ambientali:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Acque marine</li><li>○ Atmosfera</li><li>○ Rumore</li><li>○ Biologica (Flora e fauna dell'area SIC "Saline di Augusta")</li></ul> <p>I monitoraggi ambientali continuano nelle singole fasi di costruzione delle opere con caratteristiche, con frequenze di prelievo e analisi in funzione del possibile impatto delle varie attività sulla singola componente, come descritto nei specifici studi successivi.</p>
<p style="text-align: center;"><b>FASE 1: Preparazione all'installazione del cantiere (dal 1° giorno fino al 30° giorno)</b></p> <p>Recinzione e pulizia dell'area di intervento con taglio e asportazione di piante ed arbusti, ceppaie e vegetazione in genere.</p> <p>Demolizione delle strutture in muratura e metalliche esistenti, con annesso il trasporto a rifiuto dei detriti prodotti presso discariche autorizzate.</p> <p>Installazione, nei punti previsti, delle barriere fonoassorbenti.</p>
<p style="text-align: center;"><b>FASE 2: Installazione del cantiere (dal 1° giorno fino al 30° giorno)</b></p> <p>Completamento della recinzione e pulizia dell'area di intervento con taglio e asportazione di piante ed arbusti, ceppaie e vegetazione in genere.</p> <p>Completamento della demolizione delle strutture in muratura e metalliche esistenti, con annesso il trasporto a rifiuto dei detriti prodotti</p> <p>Completamento dell'installazione delle barriere fonoassorbenti</p> <p>Preparazione dell'area di cantiere ed installazione delle seguenti strutture: uffici, spogliatoi, mensa, presidio sanitario, servizi igienici, area ricovero mezzi, area deposito materiali e area di stoccaggio materiali da conferire a discarica.</p>
<p style="text-align: center;"><b>FASE 3: Proseguo attività di cantiere (dal 30° al 60° giorno)</b></p> <p>Scavo del piazzale fino alla quota di 0,30 m s.l.m. e preparazione piano di posa per pacchetto di tout-venant.</p> <p>Eventuale rinterro, nelle zone aventi quota inferiore a 0,30 m s.l.m., con idoneo materiale proveniente da cava, fino al raggiungimento della quota di progetto.</p> <p>Rimozione degli impianti esistenti e di cui si è accertata la dismissione, durante le operazioni di scavo.</p> <p>Consegna ed approvazione del progetto esecutivo di secondo stralcio da parte dell'impresa appaltatrice.</p>

**FASE 4: Proseguo attività di cantiere (dal 60° al 120° giorno) - dragaggio**

DRAGAGGIO - Escavo subacqueo di tutta l'area su cui verranno realizzati i nuovi piazzali, eseguito da mare con benna mordente a tenuta stagna idraulica o meccanica, a preparazione del piano di posa dei rilevati e fino ad una profondità massima dal fondale esistente di -1,00 m.

A conclusione delle operazioni di dragaggio, si procederà alla Verifica dei fondali dragati ai sensi del DM 7 novembre 2008.

Durante le fasi lavorative saranno messi in atto tutti gli accorgimenti per la delimitazione dell'area di dragaggio, con l'impiego di panne di contenimento galleggianti ancorate fino al fondale per evitare la dispersione del materiale sospeso durante l'escavo.

**FASE 5: Proseguo attività di cantiere (dal 120° al 150° giorno)**

A conclusione delle operazioni di dragaggio, e della successiva verifica dei fondali dragati, si procederà con il riempimento delle aree di intervento con la formazione di rilevato, realizzato con idoneo materiale proveniente da cava, ed eseguito a strati orizzontali di 30 cm fino al raggiungimento della quota di progetto di 0,30 m s.l.m., per avanzamenti consecutivi verso mare di 5,00 m.

**FASE 6: Proseguo attività di cantiere (dal 150° al 180° giorno)**

Ricoprimento di parte del piano di posa con tout-venant di cava fino al raggiungimento della quota 1,87 m s.l.m.

Parziale realizzazione delle nuove calate con posizionamento degli scogli naturali di prima categoria aventi peso pari a 300-500 Kg.

**FASE 7: Installazione del nuovo cantiere (dal 150° al 180° giorno)**

Completamento sul lato di Nord-Est delle nuove calate con posizionamento degli scogli naturali di prima categoria aventi peso pari a 300-500 Kg.

Spostamento del cantiere di prima fase nella nuova area designata, con individuazione di strutture atte al supporto delle future lavorazioni di cantiere

**FASE 8: Proseguo attività di cantiere (dal 180° al 220° giorno)**

Proseguo delle attività di riempimento delle aree dei nuovi piazzali a mare, con la formazione di rilevato realizzato con idoneo materiale proveniente da cava, eseguito a strati orizzontali di 30 cm fino al raggiungimento della quota di progetto di 0,30 m s.l.m., per avanzamenti consecutivi verso mare di 5,00 m.

Parziale realizzazione della scogliera a contenimento delle aree in rilevato

**FASE 9: Proseguo attività di cantiere (dal 220° al 300° giorno)**

Proseguo delle attività di riempimento delle aree dei nuovi piazzali a mare, con la formazione di rilevato realizzato con idoneo materiale proveniente da cava, eseguito a strati orizzontali di 30 cm, fino al raggiungimento della quota di progetto di 0,30 m s.l.m., per avanzamenti consecutivi verso mare di 5,00 m. (Formazione di n. 2 piste della larghezza di 20 m per realizzazione della palificata banchinamenti)

Infissione, con ausilio di gru montate su chiatte, dei pali della paratia di contenimento del terrapieno (paratia di tipo ancorata) e a contenimento del banchinamento (paratia non ancorata).

Installazione di gru mobili e successivo getto delle prime due file di pali (11500) delle banchine, da realizzare con le seguenti modalità:

- posizionamento di tubo forma all'interno dell'argilla, e successiva aspirazione dell'acqua tramite pompe;
- realizzazione di foro tramite carotatrice fino al raggiungimento della profondità di - 39,50 m;
- inserimento all'interno del tubo forma della camicia in lamierino (s= 5mm) e dell'armatura in acciaio del palo (tipo FeB44K - B450C);
- getto del palo con cls tipo 32,5R con rapporto di 350 Kg/mc e con rapporto a/c pari a 0,45.
- Parziale realizzazione della scogliera a delimitazione delle calate dei nuovi piazzali containers

**FASE 10: Proseguo attività di cantiere (dal 300° al 320° giorno)**

Completamento delle due piste con materiale di cava secondo le seguenti modalità:

- riempimento dello specchio d'acqua con materiale di cava.
- Completamento del getto delle prime due file di pali del banchinamento.

**FASE 11: Proseguo attività di cantiere (dal 320° al 400° giorno)**

Rinterro dello specchio di mare, compreso tra le due piste realizzate, con idoneo materiale proveniente da cava, fino al raggiungimento della quota di progetto di 0,30 m s.l.m.

Posizionamento delle ulteriori n. 2 file di pali, realizzate secondo le modalità precedentemente illustrate e con ausilio di gru montate su chiatte, a completamento della struttura portante dei banchinamenti;

Getto dei pulvini al di sopra di ogni palo, aventi dimensioni 2.00x2.00x0.50 m.

Parziale realizzazione della scogliera a delimitazione delle calate dei nuovi piazzali containers.

**FASE 12: Proseguo attività di cantiere (dal 400° al 460° giorno)**

Conclusione dei lavori di riempimento del futuro piazzale portuale, con idoneo materiale proveniente da cava, fino alla quota di progetto di 0,30 m s.l.m., e conseguente ancoraggio della paratia al terrapieno.

Stesura di geocomposito tessuto non tessuto del tipo PARAWEB in corrispondenza delle calate dei banchinamenti.

Formazione dello strato di scogli di natura calcarea, con pezzatura compresa tra 300 e 500 Kg, posti in opera al di sopra del geocomposito, per il contenimento dei terrapieni portuali sottostanti la banchina.

La scogliera assolve inoltre la funzione di protezione del nucleo delle aree di colmata dall'azione erosiva generata dal moto delle eliche dei mezzi navali in manovra, eliminando anche eventuali fenomeni di risacca.

Formazione dello strato di pietrame di natura calcarea, con pezzatura compresa tra 5 e 50 Kg, versato in acqua con mezzi marittimi a formazione del riempimento della cunetta di imbasamento secondo le sagome di progetto.

Installazione di area di betonaggio e relativa area di stoccaggio per la prefabbricazione delle strutture in c.a. dei banchinamenti (tavole, coppelloni e travi di bordo).

**FASE 13: Proseguo attività di cantiere (dal 460° al 510° giorno)**

Posizionamento tramite gru degli elementi prefabbricati (tavole, travi di bordo e coppelloni) al di sopra dei pulvini, dei due banchinamenti.

Ricoprimento di porzione di terrapieno con tout-venant di cava, fino al raggiungimento della quota di 1,87 m s.l.m.

Parziale realizzazione di recinzione fissa di progetto, costituita da un muro in c.a., sormontato da rete in orsogrill e dotata di piegatura antiscavalco.

Completamento della scogliera a delimitazione dei piazzali sul lato di Nord-Est della nuova area portuale.

**FASE 14: Proseguo attività di cantiere (dal 510° al 560° giorno)**

Posizionamento degli elementi prefabbricati (tavole, travi di bordo e coppelloni) al di sopra dei pulvini.

Ricoprimento di ulteriore porzione di terrapieno con tout-venant di cava, fino al raggiungimento della quota di 1,87 m s.l.m.

Completamento della recinzione fissa di progetto, costituita da un muro in c.a., sormontato da rete in orsogrill e dotata di piegatura antiscavalco.

Completamento delle scogliere a contenimento dei terrapieni sottostanti le banchine.

**FASE 15: Proseguo attività di cantiere (dal 560° al 610° giorno)**

Completamento della fase di posizionamento degli elementi prefabbricati dei banchinamenti

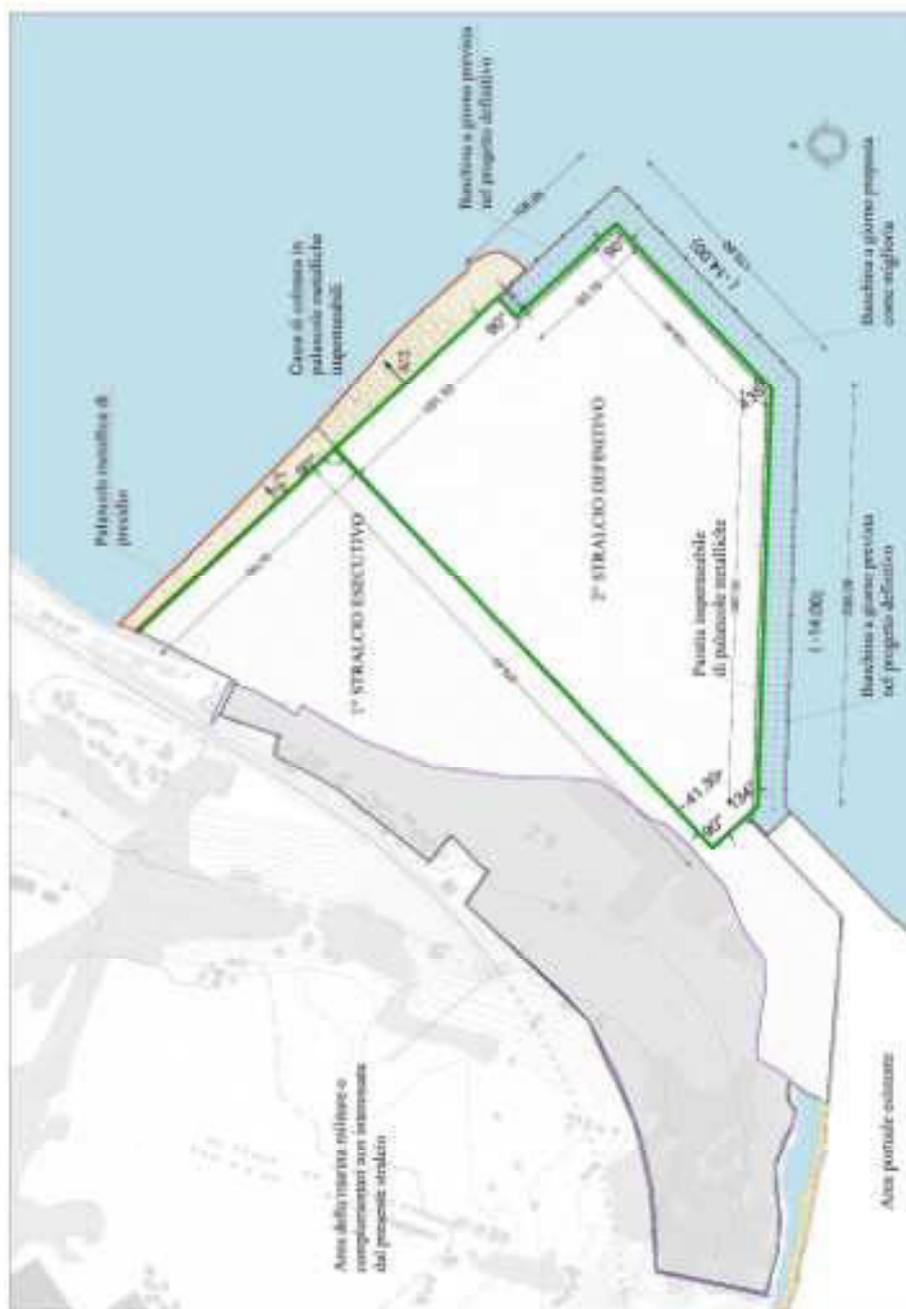
Parziale completamento dei banchinamenti con realizzazione di:

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ travi di collegamento tra pilastri e coppeloni da gettare in opera;</li> <li>○ solettone da gettare in una unica soluzione;</li> <li>○ inclusi gli arredi (parabordi, bitte, prese nautiche, vie di corsa gru, ecc..);</li> </ul> <p>Parziale realizzazione della canaletta di drenaggio dei piazzali e del cunicolo servizi a ridosso dei banchinamenti.</p> <p>Parziale realizzazione degli impianti a servizio del nuovo piazzale (impianto elettrico, antincendio, idrico e fognario) e loro collegamento alle reti esistenti</p> <p>Completamento della fase di riempimento del terrapieno con tout-venant di cava, fino al raggiungimento della quota di 1,87 m s.l.m.</p>
<p><b>FASE 16: Proseguo attività di cantiere (dal 610° al 710° giorno)</b></p>
<p>Completamento dei banchinamenti a servizio dell'area portuale;</p> <p>Completamento della canaletta di drenaggio dei piazzali e del cunicolo servizi a ridosso dei banchinamenti.</p> <p>Completamento degli impianti a servizio del nuovo piazzale (impianto elettrico, antincendio, idrico e fognario) e loro collegamento alle reti esistenti Realizzazione delle strutture in c.a. relative agli specifici impianti.</p>
<p><b>FASE 17: Proseguo attività di cantiere (dal 710° al 750° giorno)</b></p>
<p>Parziale realizzazione della pavimentazione del piazzale containers costituita da piastre in cls armato, prefabbricate e/o gettate in opera, dello spessore di 38 cm e poggianti su uno strato di misto cementato avente spessore di 25 cm, fino al raggiungimento della quota di progetto di 2,50 m s.l.m.</p> <p>Realizzazione della viabilità asfaltata a servizio dei nuovi piazzali</p>
<p><b>FASE 18: Proseguo attività di cantiere (dal 710° al 750° giorno)</b></p>
<p>Parziale realizzazione della pavimentazione del piazzale containers costituita da piastre in cls armato, prefabbricate e/o gettate in opera, dello spessore di 38 cm e poggianti su uno strato di misto cementato avente spessore di 25 cm, fino al raggiungimento della quota di progetto di 2,50 m s.l.m.</p>
<p><b>FASE 19: Conclusione delle attività di cantiere (dal 710° al 750° giorno)</b></p>
<p>Completamento della pavimentazione del piazzale containers costituita da piastre in cls armato, prefabbricate e/o gettate in opera, dello spessore di 38 cm e poggianti su uno strato di misto cementato avente spessore di 25 cm, fino al raggiungimento della quota di progetto di 2,50 m s.l.m.</p> <p>Installazione della cabina elettrica S/S4 e completamento del relativo impianto</p> <p>Installazione della recinzione mobile, da collocare a confine con la proprietà della Marina Militare, realizzata in orso-grill, montata su new jersey in c.a.</p> <p>Installazione di cancello scorrevole per l'ingresso all'area portuale</p> <p>Dismissione delle strutture di cantiere.</p>
<p><b>POST OPERAM</b></p>
<p>Verifica della situazione post operam del monitoraggio acque marine</p>

## 1.5 Descrizione delle migliorie

### 1.5.1 Migliorie per l'esecuzione delle paratie a contenimento del rilevato

Alla luce delle problematiche anzi illustrate, è stata messa a punto una proposta migliorativa per il progetto definitivo, che, partendo anche dalle esigenze di modifica delle paratie di contenimento del rilevato previste nel progetto posto a base di gara, prevede il confinamento su tutti i lati dell'area da sottoporre a colmata tramite un palancoolato impermeabile; e ciò al fine di evitare l'esecuzione della bonifica (escavazione) all'interno della stessa e di meglio contenere i materiali fini che potrebbero fuoriuscire per sifonamento.



**Figura 8 – Planimetria banchina a giorno e cassa di colmata**

La vasca di colmata sarà delimitata da palancole metalliche impermeabili anche nei giunti secondo la normativa vigente, ed infisse per circa 6 m nel substrato impermeabile costituito da una formazione di argille azzurre; l'infissione delle palancole sarà tale da impedire qualsiasi moto di filtrazione o movimentazione di sedimenti attraverso il palancolato.

La soluzione progettuale migliorativa offre un vantaggio anche nei riguardi della protezione del rinterro, così come previsto nel progetto definitivo, in quanto la palancole metallica consente la realizzazione di un'opera a gettata, avente funzione di antirisacca e contemporaneamente funge da protezione dall'erosione dovuta alle forzanti esercitate dalle eliche delle navi in fase di ormeggio alla scogliera sottostante la banchina.

La rigidezza delle banchine di ormeggio e di accosto costituite da file di 4 pali  $\phi 1500$  disposti secondo una maglia quadrata di lato 6.0 m, comporta la realizzazione di un terrapieno con materiale idoneo, ed una adeguata tecnica di messa in opera che conferisca all'ammasso un elevato ed uniforme grado di addensamento.

La natura argillosa dei terreni di fondazione richiede, tuttavia, la previsione dei cedimenti di consolidamento indotti dall'applicazione del carico dovuto al peso proprio del terrapieno. Tale calcolo è stato sviluppato secondo il metodo edometrico, tenendo conto che la soluzione progettuale proposta non prevede il dragaggio del primo metro di fondale bensì che si realizzi una vasca di colmata compartimentata mediante palancolato impermeabile (che potrà anche essere utilizzata, ove ritenuto utile ed ammissibile, per sversare anche i prodotti degli eventuali dragaggi che verranno eseguiti al di fuori del sito di interesse per portare il livello del fondale a -14 m, i prodotti dello scavo dei pali ed eventuali altri materiali).

I risultati ottenuti per mezzo di tali analisi evidenziano che, malgrado la presenza dei primi 2.0 m di fondale costituiti dai sedimenti limo-argillosi inconsistenti, i cedimenti totali di consolidazione risultano comparabili con quelli già previsti nel progetto definitivo, con deformazioni compatibili con la stabilità dell'impalcato costituente la banchina a giorno.

Come detto la soluzione proposta prevede il mantenimento dei sedimenti marini ed il confinamento dell'area con la tecnologia della vasca di colmata. Le zone d'interesse saranno confinate con palancole metalliche impermeabili, infisse per circa 6.0 m nel terreno impermeabile di substrato rappresentato dalla formazione delle argille grigio-azzurre.

Il palancolato, oltre che presentare il vantaggio del confinamento assoluto del primo strato di sedimenti potenzialmente inquinati, ha anche quello di aumentare la stabilità dei terrapieni limitando, in virtù delle sue caratteristiche di impermeabilità, i potenziali moti di filtrazione all'interno del corpo dei rilevati.

Questi ultimi, per effetto delle differenti caratteristiche granulometriche dei materiali che li costituiscono, presentano una permeabilità più elevata di quella dei terreni di fondale.

La differente permeabilità è all'origine del diverso comportamento dei terreni nei confronti dei fenomeni connessi al moto dell'acqua nel loro interno, che nelle situazioni peggiori possono causare fenomeni di sifonamento.

Nel caso in esame, quindi, eventuali moti di filtrazione oltre che essere improbabili per ragioni idrauliche, sono da escludere in considerazione del fatto che le palancole affondano per un tratto di lunghezza consistente nel terreno, ed affinché sia possibile un moto di risalita sarebbe richiesto un potenziale idraulico molto elevato. In definitiva, le palancole metalliche adeguatamente infisse nel terreno impediscono che possano verificarsi fenomeni di sifonamento, contengono le frazioni più fini dei materiali costituenti il terrapieno e migliorano la stabilità globale dei rilevati.

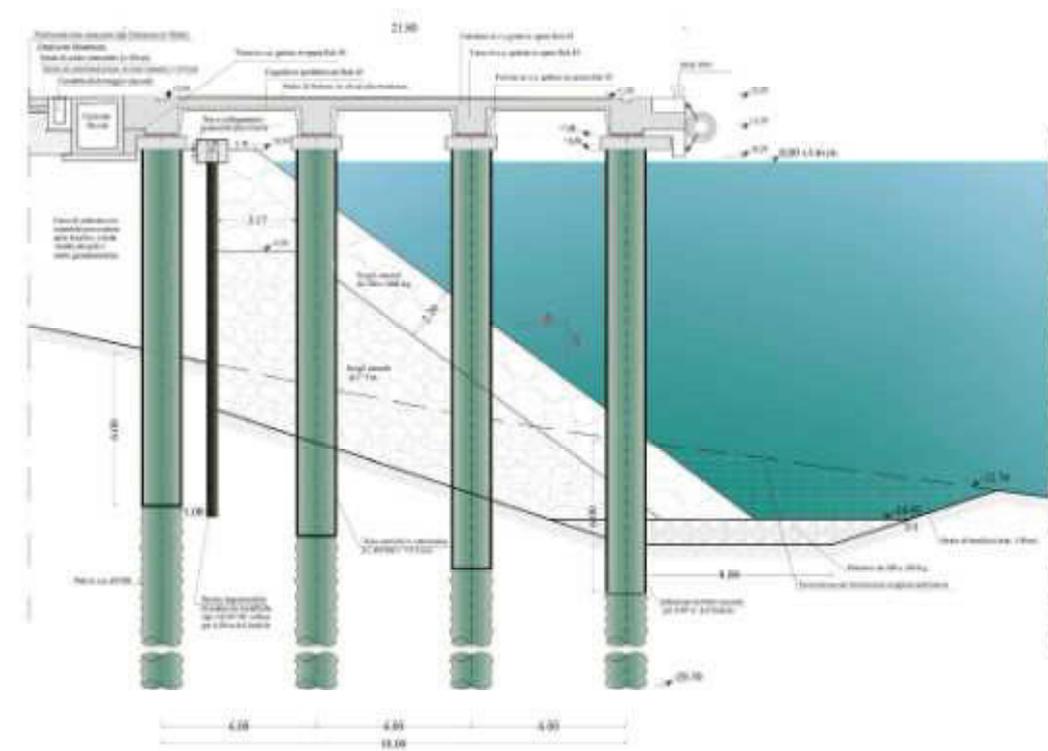
La palancola metallica è prevista rispetto la banchina a giorno a circa 1,95 m verso mare dall'asse della prima fila di pali. Le palancole saranno collegate in testa con una trave in c.a. avente dimensione di 1.20 x 0.90 m.

In definitiva, la banchina a giorno è prevista con file di 4 pali D1500 con sovrastante impalcato in c.a., della larghezza di 21.80m e scogliera antirisacca realizzata, previa bonifica del fondale, in modo da avere una profondità al piede della banchina non inferiore a -14 m, su uno scanno di bonifica avente l'altezza di 1 m, formato da pietrame del peso 200 - 400 Kg. La scogliera antirisacca è costituita da un nucleo di scogli di 1° categoria, avente berma a quota -3.50 m della larghezza di 1 m e scarpa foranea di 4/3, rivestito da una mantellata di scogli naturali di peso compreso tra 500 e 1000 Kg disposti in doppio strato in opera con scarpa 4/3 con berma orizzontale a quota + 0.50 m dello sviluppo di 505 m.

I particolari del progetto definitivo, modificato secondo quanto detto, sono illustrati nella **Figura 9** dove è riportata la planimetria del piazzale containers, e nella **Figura 10**, dove sono riportate le sezioni tipo delle banchine a giorno utilizzate per la testata di chiusura e per le banchine previste nel progetto definitivo.



Figura 9 – Planimetria del piazzale containers



**Figura 10 – Sezione tipo banchina a giorno**

La cassa di colmata sarà definita a nord, oltre che dal palancolato metallico impermeabile, da una scogliera di protezione formata su uno strato di bonifica dello spessore di 1 m, realizzato con pietrame da 200-400 Kg, nucleo in scogli naturali di 1° categoria con berma a quota -1.50 m e scarpa di 4/3 rivestito con mantellata costituita da un doppio strato di scogli del peso compreso tra 50 e 1000 Kg, dello spessore di 2.20 m e coronamento a quota + 2.50 m s.l.m. della larghezza di 5 m (**Figura 11**)

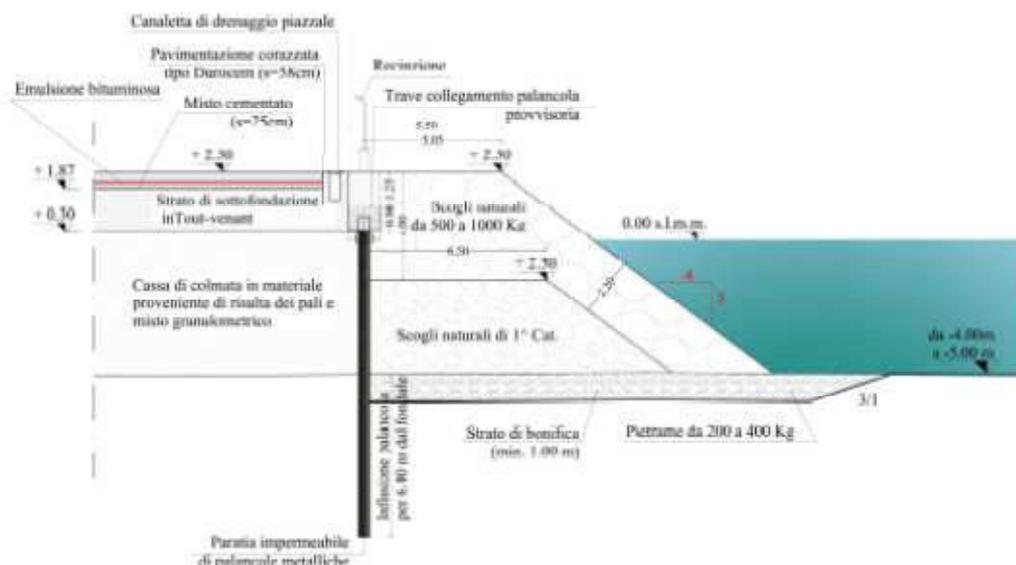
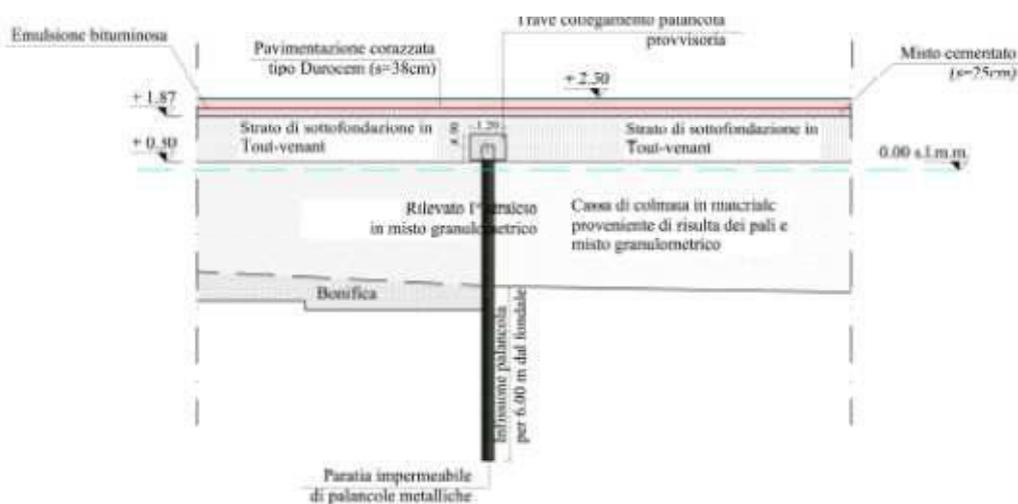


Figura 11 – Sezione tipo C-C

Inoltre, la realizzazione della vasca di colmata garantisce i seguenti vantaggi tecnici e ambientali:

- Mancato dragaggio e confinamento assoluto del primo strato, potenzialmente inquinato, dei sedimenti ricadenti all'interno della vasca di colmata.
- Mancata diffusione e veicolazione nel mare antistante di inquinanti sciolti nei sedimenti, sempre possibili anche in caso di utilizzo di benne impermeabili e di panne protettive, con conseguente impossibilità di intorbidare la rada di Augusta con materiali potenzialmente contaminati.
- Sicurezza operativa e salvaguardia dell'ambiente idrico e della biocenosi presente.
- Conferimento, all'interno della vasca di colmata, di materiali provenienti dallo scavo dei pali di grande diametro di coronamento delle banchine e di qualsiasi altro materiale movimentato in cantiere che risulti conforme al sito di destinazione finale individuato, sulla base delle risultanze della caratterizzazione in sito eseguita ante operam ai sensi del D.M. 07/11/2008 (per la parte a mare) e D. Lgs. 161/2012 (per la parte a terra) e che rispetti per caratteristiche qualitative il Capitolato Speciale d'Appalto
- Conferimento, all'interno della vasca di colmata, di materiali provenienti dai dragaggi esterni alla vasca di colmata.
- Drastica diminuzione degli scenari di traffico in corso d'opera ipotizzati, non essendo necessario il trasporto in discarica dei materiali depositati sul fondale e per la fornitura dalle cave di prestito dell'equivalente quantitativo di materiale necessario per il riempimento previsto;
- Drastica diminuzione degli impatti dovuti alla movimentazione, al trasporto a discarica dei materiali ed all'approvvigionamento dei materiali da riempimento (emissioni in atmosfera di CO<sub>2</sub>, rumore, polveri, contaminazione di suolo e strati attraversate).
- Nello specifico il progetto definitivo posto a base di gara prevedeva il dragaggio, il trasporto e lo smaltimento a discarica di ca. 100.000 mc di sedimento. Tale proposta consente di non movimentare i 100.000 mc previsti dal progetto posto a base di gara.
- Contenimento ai fini della stabilità del rilevato dei fenomeni di sifonamento dovuti all'azione del moto ondoso e alle azioni delle eliche delle navi sulla scogliera antirisacca e quindi sul rilevato della colmata; conseguentemente si assicura la protezione dei materiali incoerenti costituenti il rilevato stesso.
- Semplificazione della fase operativa del contenimento dei rilevati formanti la colmata, previsto nel progetto definitivo posto a base di gara con la stesa del geotessile sulla scarpata della colmata nell'area sottostante la banchina a giorno.
- Minori cedimenti ed assestamenti del rilevato durante la fase operativa.
- riduzione del quantitativo di materiale da fornire da cava, con gli evidenti vantaggi in termini ambientali;
- maggiori garanzie sulla realizzabilità dei lavori nei tempi offerti.
- maggiore durabilità dell'opera nel tempo
- minori lavori di manutenzione

Per quanto riguarda i materiali utilizzati per la formazione della cassa di colmata, sono state previste delle palancole (Figura 12) tipo Arcelor opportunamente impermeabilizzate ed idonee a soddisfare le esigenze di confinamento dei sedimenti marini presenti all'interno della cassa di colmata stessa e dei successivi materiali provenienti dal dragaggio e dalle bonifiche previste in progetto.



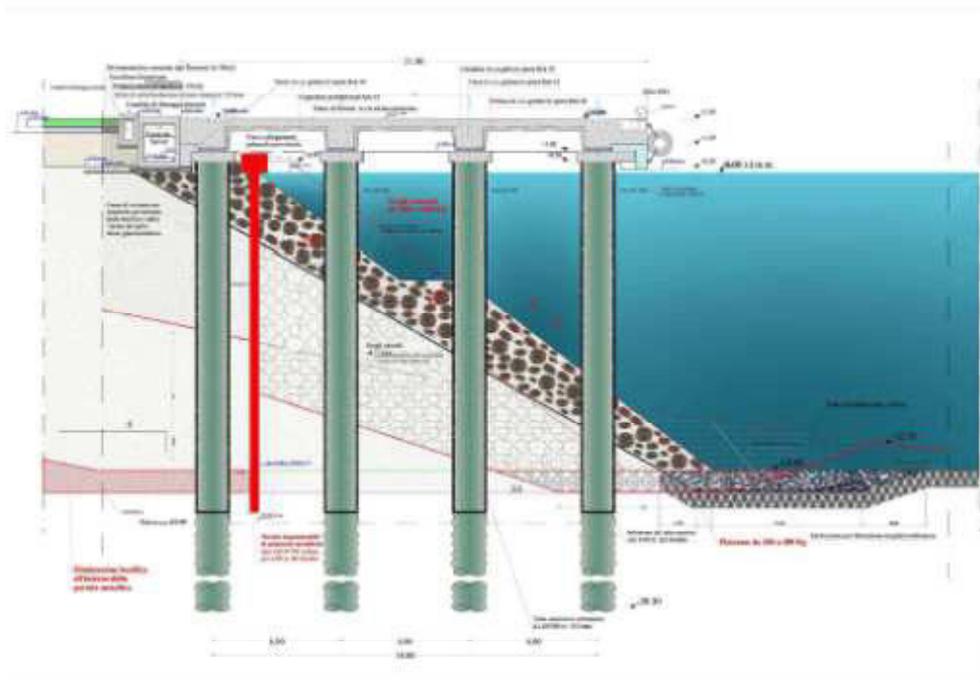
F12. Sezione tipo DD

Figura 12 – Planimetria delle stazioni di campionamento

La palancole impermeabile sarà in grado di garantire il coefficiente di permeabilità  $\leq 10^{-9}$  m/s.

Le palancole saranno sigillate usando uno specifico e testato prodotto idroespansivo, e saranno installate per mezzo di un vibroinfissore con centralina idraulica.

Infine, la sovrapposizione della banchina a giorno proposta con quella prevista nel progetto definitivo mette in evidenza che l'ingombro della scogliera di risacca rimane invariato (Figura 13).



**Figura 13 – Raffronto banchine a giorno progetto definitivo – banchina a giorno proposta**

### **1.5.2 Migliore utilizzo della banchina id testata per l'approdo**

La scelta di conterminare l'intera vasca di colmata per mezzo di un palancolato continuo ha permesso di sostituire la paratia in pali  $\phi 1500$  mm accostati prevista nel progetto definitivo per il contenimento del rilevato di testata provvisoria, con una banchina del tipo a giorno, avente le stesse caratteristiche di quelle utilizzate per le banchine nel progetto definitivo, che consente l'accosto delle navi come richiesto dal disciplinare tecnico del bando di gara (paragrafo 6 comma 2; come riferimento grafico tipologico si veda la **Figura 10**)

In particolare la banchina di testata sarà costituita da file di 4 pali D 1500 disposti secondo una maglia quadrata di lato 6 m, per uno sviluppo di circa 180m.

Il dimensionamento dei pali della banchina a giorno di testata è stato effettuato con apposito calcolo geotecnico. Gli aspetti geotecnici riguardanti la progettazione della suddetta banchina sono stati presi in esame dal Prof. Ing. Francesco Castelli e dal Prof. Ing. Salvatore Miliziano, con riferimento alla normativa applicabile al progetto in oggetto.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni si è fatto riferimento ai risultati delle indagini ed alle prove in situ e di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati di terreno prelevati nel corso dei sondaggi ubicati sia in mare che sulla terraferma, riportati nel progetto definitivo.

La visione globale dell'andamento stratigrafico del fondale mostra la presenza quasi continua di limi-sabbiosi con resti carboniosi abbondanti ma di modesto spessore. In generale emerge un quadro geotecnico abbastanza uniforme, sia pure con la presenza di qualche elemento eterogeneo, tale tuttavia da non alterare significativamente la situazione. Dal punto di vista delle proprietà indice i terreni esaminati presentano prevalentemente caratteristiche di argille limose.

La proposta migliorativa in definitiva consente di avere in testata una banchina a giorno antiriflettente, dello sviluppo di 180m circa, di identiche caratteristiche a quelle previste nel progetto definitivo (sovraccarico 8 t/m<sup>2</sup>; bitte 300 t).

Pertanto, la chiusura provvisoria della testata potrà essere utilizzata per l'accosto delle navi con funzionalità analoga alle altre banchine a giorno previste nel progetto definitivo.

Inoltre, è stata prevista una banchina a giorno antiriflettente proprio nella zona più esposta all'azione del moto ondoso.

Con le modifiche apportate, il piazzale previsto nel progetto definitivo sarà realizzato con una banchina a giorno, costituita da tre tratti:

- il primo di sviluppo di circa 300 m conforme alle previsioni del progetto definitivo, ad esclusione della scogliera antirisacca, progettato tenendo conto delle sollecitazioni previste in progetto definitivo (sovraccarico 8 t/ m<sup>2</sup>, tiro bitta 300 t, gru a portale, azioni sismiche ) e fondale di progetto a – 14 m s.l.m.m.;
- il secondo tratto, denominato di chiusura provvisoria della colmata, dello sviluppo di circa 180m, definito dalla proposta progettuale migliorativa precedentemente descritta e progettato tenendo conto di un sovraccarico 8 t/ m<sup>2</sup>, tiro bitta 300 t, azioni sismiche e fondale di progetto a – 14 m s.l.m.m.; tale tratto sarà funzionalmente analogo alle banchine a giorno previste nel progetto definitivo;
- Il terzo tratto, dello sviluppo di circa 110 m, progettato con le stesse caratteristiche del primo, in conformità delle previsioni del progetto definitivo con le modifiche apportate alla scogliera antirisacca.

### 1.5.3 Fasi realizzative della proposta migliorativa

Si riportano di seguito le attività previste durante le fasi realizzative dell'opera secondo le proposte migliorative della società Condotte.

<p><b>ANTE OPERAM</b></p> <p>Caratterizzazione della parte a terra.</p> <p>Caratterizzazione dei sedimenti marini ai sensi dell'Allegato A del DM 7 novembre 2008, come modificato dal DM 4 agosto 2010</p> <p>Individuazione di maglie di dimensioni 50x50 m, per un totale di n.50 maglie a mare e a 13 a terra, all'interno delle quali installare altrettante stazioni di campionamento per il prelievo da sottoporre ad analisi</p>
<p><b>FASE 1: Bonifica delle aree 22-23-24 e successiva caratterizzazione</b></p> <p>Delimitazione strada di accesso al cantiere</p> <p>Bonifica del tratto di collegamento all'area di cantiere (aree 22-23-24)</p> <p>Caratterizzazione di fondo scavo ed esecuzione delle analisi di laboratorio per la verifica dei parametri di legge</p>
<p><b>FASE 2: Incantieramento</b></p> <p>Interramento aree bonificate</p> <p>Realizzazione strada di accesso al cantiere</p> <p>Realizzazione della recinzione e pulizia dell'area di intervento con taglio e asportazione di piante e arbusti, ceppaie e vegetazione in genere</p> <p>Demolizione delle strutture in muratura e metalliche esistenti, con annesso il trasporto a rifiuto dei detriti prodotti</p> <p>Rimozione degli impianti esistenti e di cui si è accertata la dismissione</p> <p>Installazione, nei punti previsti, delle barriere fonoassorbenti</p>
<p><b>FASE 3: Incantieramento</b></p> <p>Completamento della recinzione e pulizia dell'area di intervento con taglio e asportazione di piante e arbusti, ceppaie e vegetazione in genere</p>

<p>Completamento della demolizione delle strutture in muratura e metalliche esistenti, con annesso il trasporto a rifiuto dei detriti prodotti</p> <p>Completamento della dismissione e rimozione degli impianti</p> <p>Completamento dell'installazione, nei punti previsti, delle barriere fonoassorbenti</p> <p>Installazione locali uffici ed attrezzature</p>
<p><b>FASE 4: Conterminazione aree relative al primo stralcio</b></p>
<p>Infissione palandole metalliche nell'area relativa al primo e al secondo stralcio</p>
<p><b>FASE 5: Bonifica fondali primo stralcio</b></p>
<p>Escavo subacqueo di tutta l'area del primo stralcio, eseguito con pontone da mare.</p> <p>Trasporto del materiale di scavo in discarica autorizzata e/o presso idonea cassa di colmata e/o presso altro sito di destinazione finale autorizzato sulla base delle risultanze della caratterizzazione in sito dei sedimenti eseguita in conformità al D.M. 07/11/2008 e secondo quanto previsto nel progetto di dragaggio che deve essere approvato prima dell'inizio dei lavori.</p> <p>Durante le fasi lavorative saranno messi in atto tutti gli accorgimenti per la delimitazione dell'area di dragaggio, con l'impiego di panne di contenimento galleggianti impermeabili ancorate fino al fondale per evitare la dispersione del materiale in sospensione</p> <p>Caratterizzazione di fondo scavo ed esecuzione delle analisi di laboratorio per la verifica dei parametri di legge</p>
<p><b>FASE 6: Realizzazione scogliera nord e riempimenti</b></p>
<p>Realizzazione scogliera da terra e da mare in corrispondenza delle palandole lato nord</p> <p>Completata la scogliera si procederà con il riempimento delle aree di intervento con la formazione del rilevato, realizzato con idoneo materiale proveniente da cava, ed eseguito fino al raggiungimento della quota di progetto di 0,30 m s.l.m.</p> <p>Chiusura varco per transito pontoni con palandole metalliche</p>
<p><b>FASE 7: Realizzazione scogliera nord e riempimenti</b></p>
<p>Ricoprimento della parte del piano di posa con tout-venant di cava fino al raggiungimento della quota 1,87 m s.l.m.m.</p> <p>Realizzazione scogliera lato nord</p>
<p><b>FASE 8: Bonifica dei fondali</b></p>
<p>Spostamento degli uffici</p> <p>Inizio bonifica dell'area relativa agli impalcati e all'impronta della scogliera all'interno della vasca di colmata utilizzando motopontoni dotati di ecobenna panne galleggianti impermeabili</p>
<p><b>FASE 9: Bonifica dei fondali</b></p>
<p>Livellamento del piazzale a quota +0,30 m s.l.m.m.</p> <p>Completamento bonifica lungo l'impronta degli impalcati</p> <p>Caratterizzazione di fondo scavo ed esecuzione delle analisi di laboratorio per la verifica dei parametri di legge</p>
<p><b>FASE 10: Rinterro e realizzazione pali</b></p>
<p>Realizzazione scogliera lato nord</p>
<p>Realizzazione riempimento a cavallo delle palandole limite tra 1° e 2° stralcio</p> <p>Inizio realizzazione pali trivellati da mare</p> <p>Sistemazione piazzali a +1,87 m s.l.m.m.</p>
<p><b>FASE 11: Rinterro e realizzazione pali</b></p>
<p>Completamento rinterro 1° stralcio</p>

<p>Inizio rinterro vasca 2° stralcio</p> <p>Esecuzione pali trivellati da mare</p> <p>Rinterro a cavallo delle palandole e realizzazione scogliera antiriflettente</p>
<p><b>FASE 12: Rinterro, realizzazione pali e prefabbricati</b></p>
<p>Rinterro vasca</p> <p>Esecuzione scogliera e rinterro a cavallo palancole</p> <p>Esecuzione pali trivellati a mare</p> <p>Inizio realizzazione pali trivellati da terra</p> <p>Inizio costruzione prefabbricati per impalcati</p> <p>Inizio realizzazione pulvini</p>
<p><b>FASE 13: Realizzazione pali e sovrastrutture</b></p>
<p>Completamento pali trivellati da mare</p> <p>Posa in opera materiale 200-400 kg al piede della scogliera con motopontone e profilatura scogliera lato mare con scogli da 500 a 1000 kg</p> <p>Completamento scogliera a rinterro a cavallo delle palandole</p> <p>Inizio posa prefabbricati da terra e da mare (tavell, travi di bordo e cappelloni)</p> <p>Proseguimento realizzazione pulvini</p> <p>Realizzazione pali trivellati da terra</p> <p>Esecuzione rilevati di precarica piazzali</p>
<p><b>FASE 14: Realizzazione sovrastrutture e impianti</b></p>
<p>Completamento pali a terra</p> <p>Completamento rilevato +0,30 m s.l.m.m.</p> <p>Completamento posa in opera materiale 200-400 Kg al piede della scogliera con motopontone e profilatura scogliera lato mare con scogli da 500 a 1000 kg</p> <p>Realizzazione e posa in opera prefabbricati (tavelle, travi di bordo e cappelloni)</p> <p>Completamento pulvini</p> <p>Inizio realizzazione getti per sovrastrutture inclusi gli arredi</p> <p>Inizio realizzazione della cabaletta di drenaggio e cunicolo servizi</p> <p>Inizio realizzazione impianti</p> <p>Esecuzione rilevati di precarica piazzali</p>
<p><b>FASE 15: Completamento attività di cantiere</b></p>
<p>Completamento della fase di posizionamento degli elementi prefabbricati dei banchinamenti</p> <p>Parziale completamento dei banchinamenti con realizzazione di</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• travi di collegamento tra pilastri e cappelloni da gettare in opera</li> <li>• solettone da gettare in un'unica soluzione compreso lo strato di finitura in cls ad alta resistenza</li> <li>• posa arredi (parabordi, bitte, prese nautiche, vie di corsa gru, ecc..)</li> </ul> <p>Completamento della fase di riempimento del terrapieno con tout venant di cava, fino al raggiungimento della quota di 1,87 m s.l.m.</p>

Completamento canaletta di drenaggio dei piazzali e del cunicolo servizi a ridosso dei banchinamenti

Completamenti degli impianti

Inizio realizzazione pavimentazione in c.a. del piazzale containers costituita da strisce continue di larghezza 5,50 m calcestruzzo ad altissima compattazione Rck 45 additivato con fibre, dello spessore di 38 cm e poggiate su uno strato di misto cementato avente spessore di 25 cm , fino al raggiungimento della quota di progetto di 2,50 m s.l.m.

#### **FASE 16: Completamento opere**

Completamento dei banchinamenti con realizzazione di:

- travi di collegamento tra pilastri e cappelloni da gettare in opera
- solettone da gettare in un'unica soluzione compreso lo strato di finitura in cls ad alta resistenza
- posa arredi (parabordi, bitte, prese nautiche, vie di corsa gru, ecc..)

Completamento pavimentazione in c.a. del piazzale containers costituita da strisce continue di larghezza 5,50 m calcestruzzo ad altissima compattazione Rck 45 additivato con fibre, dello spessore di 38 cm e poggiate su uno strato di misto cementato avente spessore di 25 cm , fino al raggiungimento della quota di progetto di 2,50 m s.l.m

Installazione cabina elettrica S/S4 e completamento del relativo impianto

Realizzazione viabilità asfaltata a servizio dei nuovi piazzali

Installazione della recinzione mobile, da collocare a confine con la proprietà della Marina Militare, realizzata in orso grill, montabile su new jersey in c.a.

Installazione cancello scorrevole per l'ingresso all'area portuale

Dismissione delle strutture di cantiere

## 2 Piano di Caratterizzazione – Sedimenti Marini

### 2.1 Inquadramento ambientale

La Rada di Augusta ricade all'interno dell'unità fisiografica del Golfo di Augusta, al centro delle coste orientali siciliane, che si estende da Capo Santa Croce a Punta Magnisi, su un tratto di litorale di circa 37 km di lunghezza (Figura 3). La Rada ha un'estensione superficiale di circa 23.5 km<sup>2</sup> su circa 8 km di lunghezza e 4 km di larghezza, con una profondità media dei fondali di circa 15 m.

La Rada di Augusta ha origine dalla chiusura di buona parte dell'insenatura naturale per mezzo di dighe foranee che sono state realizzate lungo il suo lato meridionale ed orientale, a formare un ampio bacino portuale. Tale bacino rimane comunicante con il mare attraverso due imboccature, in corrispondenza delle quali si registra una profondità massima di circa 40 m. La Rada di Augusta si può pertanto considerare suddivisa in tre zone principali:

- Porto Xifonio (area Nord esterna alla rada), compreso fra Punta Izzo e Punta Carcarella, ad Est della città di Augusta;
- Rada o Porto di Augusta (area interna), compreso fra la costa settentrionale e occidentale della Rada e le dighe foranee;
- Seno del Priolo (area Sud esterna alla Rada), compreso tra la diga sud e la penisola di Magnisi.

A partire dai primi anni '50, nell'area di Priolo, lungo la costa occidentale della Rada di Augusta, sono stati installati diversi stabilimenti industriali per la produzione di sostanze chimiche, petrolchimiche e raffinerie di petrolio. Insieme a questo furono costruite le dighe foranee, formate da tre bracci che, dalla punta della penisola di Augusta, si estendono sino all'altezza dell'insediamento di Priolo, chiudendo una buona parte della Baia (diga foranea settentrionale, centrale e meridionale), e mantenendo il collegamento con l'esterno solo attraverso due imboccature, quella a Est (Bocca Principale o di Levante) e quella a Sud (Bocca di Scirocco).

A causa dell'intensa urbanizzazione e delle numerose attività industriali presenti all'interno del bacino, si è determinato un notevole stato di degrado. Negli anni, le principali criticità emerse nel sito si possono ascrivere ad inquinamento da petrolio, inquinamento termico, eutrofizzazione, contaminazione da metalli pesanti, idrocarburi e solventi clorurati (ICRAM, Progetto preliminare della rada di Augusta – Giugno 2008).

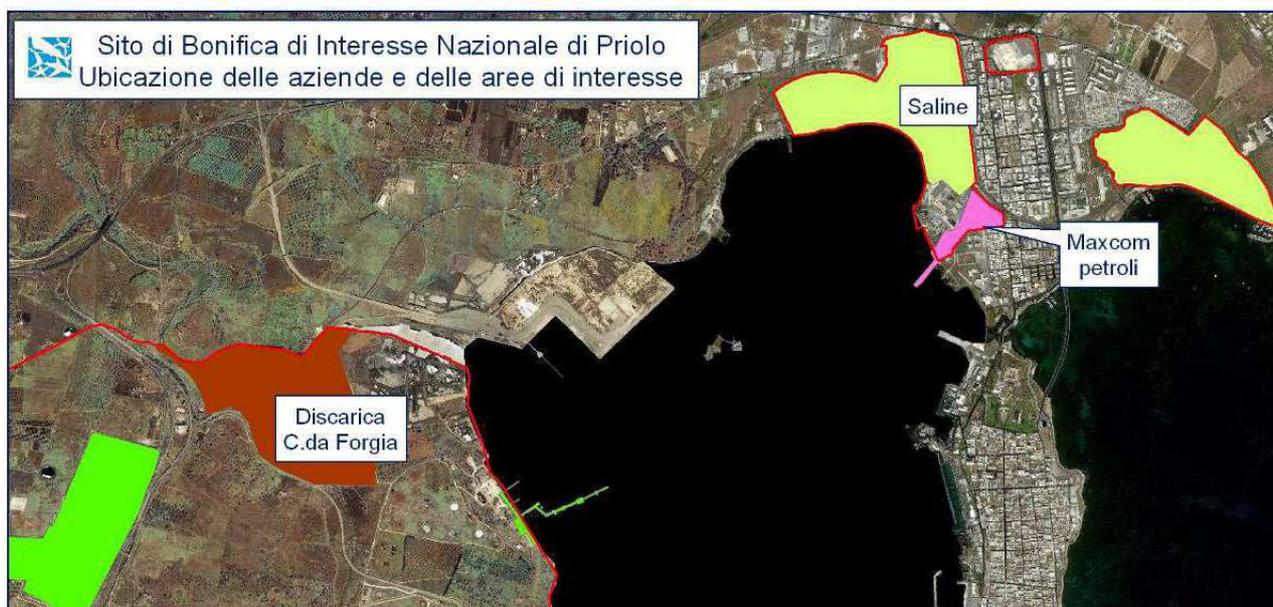


Figura 15 – ICRAM, progetto preliminare di bonifica rada di Augusta, aree di interesse

## 2.2 Principali caratteristiche

Le caratteristiche connotative del paesaggio di interesse per questo Studio, sono quelle tipiche di un paesaggio costiero antropizzato. Gli elementi che definiscono la configurazione ambientale dell'area interessata dall'opera di completamento del Porto Commerciale di Augusta di progetto possono essere così riassunti:

- ubicazione in ambito portuale;
- presenza di un golfo naturale;
- presenza di un porto commerciale;
- presenza di una formazione a piattaforma di abrasione marina;
- presenza di associazioni vegetali costiere e a valenza produttiva;
- presenza di un nucleo residenziale;
- presenza di attività industriali (Priolo);

## 2.3 Principali caratteristiche geologiche

L'area in studio è localizzata pertanto in corrispondenza di un membro ribassato della placca iblea la quale affiora con depositi calcarei cretacico-miocenici, a nord-est in corrispondenza della dorsale di Monte Tauro ed a sud nella dorsale Melilli-Penisola dei Magnesi; un altro affioramento è localizzato più internamente alla costa lungo il corso del Torrente Mulinello. Nel settore costiero ove è localizzato il progetto in esame sono presenti depositi di spiaggia e, immediatamente a monte, depositi plio-plestocenici argillosi, sabbiosi e calcarenitici.

## 2.4 Principali caratteristiche geomorfologiche

Dal punto di vista morfologico il settore costiero in esame si configura come una successione di blandi promontori più rigidi con presenza di depositi pleistocenici calcarenitici e argillosi, separati da falcate di spiaggia recente ed attuale; in corrispondenza delle falcate sabbiose sono localizzati alcuni corsi d'acqua quali, da nord a sud il F. Mulinello, il F. Marcellino ed il Fosso Cantera.

Ai lati della foce del Fiume Mulinello, a sud dell'area in esame, sono presenti delle saline abbandonate, mentre nell'area a mare della foce sono presenti delle barre sabbiose che testimoniano una limitata azione del moto ondoso.

Tutto il settore del Porto di Augusta si configura come un bacino chiuso, delimitato da dighe foranee che raccordano il settore meridionale di Punta Girotta fino all'isola dell'abitato di Augusta; sono presenti 3 zone di comunicazione fra il bacino interno ed il mare esterno.

Questa condizione determina nel bacino interno limitate dinamiche meteomarine sia con riferimento al moto ondoso che alle dinamiche delle correnti sottocosta. Queste condizioni determinano una dinamica delle spiagge di sostanziale stabilità, con assenza di fenomeni di erosione e arretramento.

Per quanto riguarda il corso d'acqua del Mulinello, a sud dell'area in esame, questo, da studi geologici recenti (Trombatore B. R. & Magro M., 2003) presenta un andamento localmente meandrificato ed una foce che non ha subito apprezzabili variazioni morfologiche, che testimoniano l'assenza di significativi apporti di piena ed una sostanziale stabilità legata anche alle limitate azioni di corrente e del moto ondoso.

### Unità fisiografica

Il porto di Augusta ricade nell'Unità Fisiografica nr. 6 - Costiera di Punta Castelluzzo – Isola delle Correnti. Questa unità costiera è caratterizzata da una morfologia piuttosto variabile con alternanza di coste rocciose frastagliate e coste basse e sabbiose all'interno di insenature naturali. La presenza di numerosi insediamenti urbani e industriali rende questa zona costiera vulnerabile laddove l'erosibilità risulta elevata (situazione che come abbiamo visto sopra non è della baia del Priolo). La zona risulta esposta ai venti ed al moto ondoso del 1° e 2° quadrante.

## 2.5 Processi meteo-marini

Il ricambio idrico all'interno del bacino di Augusta è legato a vari fattori:

- variazioni di livello per effetto del fenomeno ciclico delle maree. E' evidente che, in corrispondenza delle variazioni di livello della superficie del mare, un'ingente massa d'acqua acceda al bacino portuale attraverso i due varchi presenti nella diga foranea distribuendosi all'interno secondo direttrici e flussi.
- agitazioni associate ai settori di traversia del paraggio. Le agitazioni di entità significativa, incidendo sulle opere di difesa. Un accesso di correnti legate ai meccanismi di diffusione della quota di energia che accede al bacino portuale attraverso i varchi della diga va comunque evidenziato che la porzione significativa del fenomeno si esaurisce sostanzialmente in un intorno limitato dei varchi stessi mentre il sopralzo di tempesta (set-up) del livello medio del mare, che si determina in prossimità della costa, genera un afflusso di massa liquida all'interno del bacino portuale che si distribuisce secondo un modello analogo a quello analizzato per le maree.
- apporti di acqua dal bacino conferente sotteso dal segmento costiero della rada. Nel bacino portuale conferiscono tre corsi d'acqua (Mulinello, Marcellino, Cantera) e, parallelamente, le portate del sistema freatico. Queste portate pur valutate complessivamente su base annua non risultano comunque confrontabili neanche con le masse liquide poste in gioco da un singolo evento di marea. Anche i loro riflessi sulla genesi di spostamenti di masse liquide per la fisiologica normalizzazione delle concentrazioni saline sono, con ogni evidenza, di intensità ed incidenza assolutamente trascurabile. Non si ritengono quindi oggettivamente di alcuna significatività ai fini della valutazione dei ricambi idrici. variazioni di livello per marea e eventi meteomarini.

## 2.6 Descrizione obiettivi e attività

Gli obiettivi della caratterizzazione sono:

- in primo luogo la conferma di estraneità delle aree di intervento dalla necessità degli interventi di bonifica già previsti per altre aree della Rada di Augusta (Priolo)
- in secondo luogo la classificazione del materiale di risulta dell'escavo per l'attestamento del rilevato ai fini del suo conferimento a rifiuto.

Il programma delle attività per la caratterizzazione dei sedimenti marini nell'area portuale di Augusta prevede il prelievo e l'analisi di sedimenti. Il campionamento verrà realizzato mediante l'esecuzione di carotaggi secondo lo schema delineato nel seguito. Sui campioni di sedimento prelevati saranno eseguite analisi volte alla determinazione delle caratteristiche, chimico-fisiche, microbiologiche ed ecotossicologiche dell'area.

L'insieme di quanto sopra descritto fornirà un quadro conoscitivo completo dell'area portuale, propedeutico alla realizzazione degli interventi di escavo dei fondali di massimo 1m per la realizzazione delle opere a mare previste nel presente progetto esecutivo.

## 2.7 Strategia di campionamento dei sedimenti marini

L'approccio utilizzato per l'esecuzione del campionamento è conforme all'Allegato A al Decreto 7 novembre 2008 (Gu 4 dicembre 2008 n. 284) che disciplina le operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, oltre che al Progetto Preliminare di Bonifica della Rada di Augusta Bol-Pr-SI-Pr- Rada di Augusta-03.22 del Giugno 2008.

Lo schema di campionamento è riportato in **Figura 14**.

La strategia di campionamento prevede:

- in primo luogo la **caratterizzazione dei sedimenti marini ante-operam** sull'area interessata dalla realizzazione delle opere a mare;
- e in seguito, finito il dragaggio, la **verifica del fondale dragato** ai sensi dell'art. 5 del DM 7 novembre 2008

Lo schema di campionamento prevede che la distribuzione delle stazioni di campionamento avvenga secondo maglie di: 50x50 m, in corrispondenza del sedime delle future opere a mare (ante operam), area per la quale è previsto uno scavo a mare di bonifica di max 1.0 m.

La distribuzione delle maglie ottenuta mediante l'adozione di tale strategia risulta uniforme e le stazioni posizionate in base a tale criterio forniscono informazioni di dettaglio su tutta l'area oggetto di studio. All'interno dell'area interessata dalla realizzazione delle opere a mare al fine di raccogliere informazioni complete sullo spessore di sedimento interessato dalla

movimentazione, i livelli prescelti delle carote da sottoporre alle determinazioni analitiche saranno consecutivi. Tutti i livelli, ottenuti previo campionamento, avranno uno spessore di 50 cm. In particolare:

1. le carote fino a 2 m di lunghezza devono essere suddivise in sezioni di 50 cm, a partire dalla sommità, prelevando un numero di sezioni da 1 a 4, in funzione della lunghezza della carota, tralasciando la sezione più profonda quando quest'ultima risulti inferiore a 25 cm;
2. per carote con lunghezza superiore ai 2 m, oltre ai 4 livelli di cui al punto precedente, deve essere prelevata una sezione di 50 cm rappresentativa di ogni successivo intervallo di 2 m, tralasciando le sezioni di carota, quando queste risultino inferiori ad 1 m;
3. qualora sia accertato il raggiungimento del substrato geologico naturale costitutivo dell'area, opportunamente documentato nella relazione tecnica, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente il prelievo di una sola sezione di lunghezza 50 cm rappresentativa dell'intero strato di base.

## 2.8 Schema di campionamento

Di seguito è riportato il numero ed il posizionamento delle stazioni di campionamento ottenuto dall'applicazione della strategia precedentemente descritta.

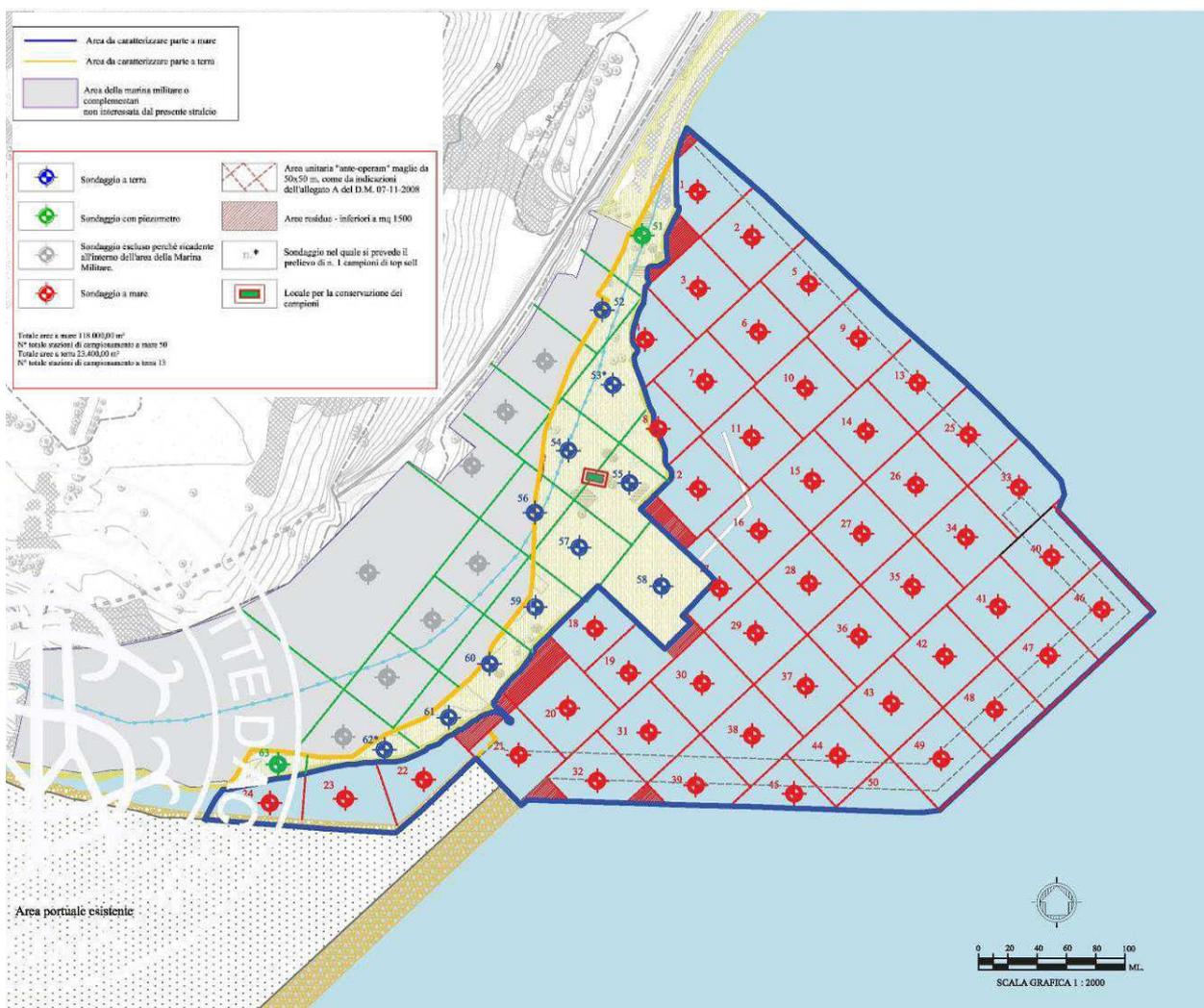


Figura 14 – Planimetria delle stazioni di campionamento

Nella figura sopra sono identificate le "aree unitarie" all'interno delle quali è posizionata e numerata la relativa stazione di monitoraggio.

Si utilizza la maglia regolare 50,0x50,0 m e per le aree residue di superficie minore a 1500.0 mq non si prevede alcun punto di campionamento. Per la verifica dei fondali dragati si applica lo stesso schema con la stessa posizione delle stazioni di monitoraggio limitando il prelievo allo strato superficiale.

## 2.9 Caratterizzazione dei sedimenti marini

La strategia di caratterizzazione prevista per l'ante operam nell'area delle opere a mare prevede la predisposizione di un numero di stazioni di campionamento pari al numero di aree di superficie di 2500 mq assimilabile alle maglie 50x50m, l'irregolarità della forma di tali aree è determinata dalla specifica conformazione della linea di costa attuale dalla quale parte l'opera oggetto di questo progetto. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva del piano di monitoraggio ante-operam

SCHEMA DELLA STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO ANTE-OPERAM DELL'AREA DI SEDIME DELLE OPERE A MARE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA	
<b>Spaziatura delle maglie di campionamento</b>	<b>50x50 m</b>
N. Totale maglie	50
N. Totale stazioni di campionamento per ciascuna maglia	1
<b>Totale stazioni di campionamento</b>	<b>50</b>
H scavo massimo previsto nell'area (m)	1
N. carote per stazione di campionamento	1
<b>N. carote da 2 m</b>	<b>50</b>
1 campione ogni 50 cm di sezione	0,5
Lunghezza della carota	2
Totale campioni per carota	4
<b>Totale campioni (da 0 a -2,0 m dal fondale)</b>	<b>200</b>
ai quali si devono aggiungere:	
Stazioni di campionamento in corrispondenza banchina a giorno	11
Addizionale N. campioni a carota (*si caratterizza lo strato di profondità da -2 a -10,0 m dal fondale perché dai profili stratigrafici mediamente alla profondità di -10,0m si trova il tetto delle argille grigio-azzurre compatte (4 campioni - 1 ogni 2 m) + 1 campione nei primi 2,0 dello strato delle argille grigio-azzurre) - Area calate	5
<b>Totale campioni (da -2,0 a -10,0 m dal fondale)</b>	<b>55</b>
<b>Totale campioni</b>	<b>255</b>
Subcampioni da analizzare (50% del campione)	255
Subcampioni da conservare (50% del campione = divisione in 2 subcampioni da 25% l'uno )	510
Totale lunghezze di carotaggio	
Lunghezza carote da 0 a -2,0 m dal fondale (m)	100,00
Lunghezza carote da -2,0 a -10 m dal fondale	110,00
<b>Totale lunghezze di carotaggio</b>	<b>210,00</b>

**Tabella 1 – Schema riassuntivo del piano di campionamento dell'area sedime (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

## 2.10 Profondità di campionamento

In ciascun punto di campionamento deve essere "prelevata una carota di lunghezza superiore di 50 cm rispetto allo spessore di sedimento da dragare (quest'ultimo già approssimato per eccesso ai consecutivi 50 cm), e comunque non inferiore ai 2 m (ciò laddove non sia accertata e opportunamente documentata la presenza di fondi duri che impediscano la penetrazione dello strumento durante le attività di carotaggio). La profondità di escavo per la realizzazione delle opere a mare del presente progetto è di circa 1m su tutta l'area, pertanto nel presente progetto di monitoraggio è prevista per ogni stazione di campionamento una carota da 2m.

Nelle aree dove vengono realizzati i banchinamenti si prevede per la realizzazione dei pali di grande diametro. A tal fine si aggiunge, alla caratterizzazione dei primi 2 metri, la caratterizzazione dello strato di profondità da -2.0 a -10,0 m dal fondale perché dai profili stratigrafici mediamente alla profondità di -10,0 m si trova il tetto delle argille grigio-azzurre compatte che rappresentano substrato geologico naturale costitutivo dell'area, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente il prelievo di una sola sezione di lunghezza di 50 cm rappresentativa dell'intero strato. Le stazioni in corrispondenza dei banchinamenti su pali sono le n. 21/32/39/45/50/49/48/47/46/40/33.

## 2.11 Scelta dei campioni

Per "quota di escavo" si intende l'effettiva quota del progetto di dragaggio, approssimata ai 50 cm successivi. La lunghezza della carota si intende misurata a partire dal top (indicato come livello "0"). Da ciascuna carota devono essere prelevate sezioni di sedimento, secondo le seguenti indicazioni:

- Per quota di scavo inferiore ai 2 m  
Devono essere prelevate sezioni consecutive di sedimento di spessore pari a 50 cm sino alla quota di 2 m (4 sezioni);
- Per quota di scavo superiore ai 2 m  
oltre ai 4 livelli di cui al punto precedente, deve essere prelevata una sezione di 50 cm rappresentativa di ogni successivo intervallo di 2.0 m, tralasciando la sezione relativa all'intervallo più profondo quando quest'ultimo risulti inferiore a 1.0 m.
- Qualora sia accertato il raggiungimento del substrato geologico naturale costitutivo dell'area, opportunamente documentato nella relazione tecnica, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente il prelievo di una sola sezione di lunghezza di 50 cm rappresentativa dell'intero strato di base.

A tale proposito è stato considerato per le 11 stazioni di campionamento, posizionate in corrispondenza dei banchinamenti a giorno su pali di grande diametro, il prelievo aggiuntivo per la caratterizzazione dello strato da -2.0 a -10,0 m dal fondale perché, come già detto, dai profili stratigrafici mediamente alla profondità di -10,0m si trova il tetto delle argille grigio-azzurre compatte che rappresentano substrato geologico naturale costitutivo dell'area, per il quale si può escludere qualunque contaminazione antropica. Perciò per ciascuna delle 11 stazioni sopra citate devono essere prelevate ulteriori 4 sezioni di 50 cm da aggiungere alle 4 sezioni dei primi 2.0 m di scavo.

Le carote dovranno essere fotografate, ispezionate visivamente da personale specializzato e misurate per l'intera lunghezza di prelievo. Su apposita scheda dovranno quindi essere riportate osservazioni relativamente a: colore, odore, tipologia dei sedimenti, grado di idratazione, presenza di frammenti conchigliari, presenza di residui e di materiale organico, presenza di strutture sedimentologiche.

Le carote dovranno quindi essere misurate per la loro lunghezza di prelievo e successivamente suddivise sul posto, isolando le sezioni corrispondenti ai livelli da prelevare, da ciascuna carota effettuata sui fondali saranno prelevate le sezioni, partendo dal top, corrispondenti a specifici livelli dello spessore pari a 50 cm.

Nel dettaglio saranno prelevati i livelli:

- 0-50 cm, 50-100 cm, 100-150 cm, 150-200 cm per le carote da 2 m;

Le suddivisioni sopra proposte potranno comunque subire variazioni sulla base delle osservazioni sulla stratigrafia della carota:

- se dall'osservazione della carota si evidenziasse, in uno strato non incluso tra le sezioni prescelte, una condizione di sospetta contaminazione, anche quest'ultimo sarà prelevato ed analizzato;

- qualora, invece prima del raggiungimento della profondità di campionamento, sia accertata (ed opportunamente documentata) l'individuazione del substrato geologico naturale costitutivo dell'area, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente il prelievo di una sola sezione di lunghezza di 50 cm rappresentativa dell'intero strato.

Ogni livello di prelievo deve essere accompagnato da una descrizione macroscopica del sedimento, effettuata da personale specializzato.

Tutte le sezioni prelevate saranno sottoposte ad analisi.

## **2.12 Metodologia di campionamento**

L'attività di prelievo dei sedimenti deve avvenire arrecando al campione il minore disturbo possibile, evitando anche possibili contaminazioni a causa di un uso improprio della strumentazione. Gli esecutori delle attività di prelievo devono essere qualificati nel settore dei sondaggi geognostici in ambiente marino e i mezzi di appoggio adeguati alle esigenze tecniche delle operazioni da svolgere.

Le attività di prelievo dovranno essere vigilate e certificate dall'Autorità Portuale o, laddove non istituita, dall'Ente competente avvalendosi per la presenza in campo della collaborazione di ISPRA relativamente agli aspetti tecnico scientifici. Il campionamento dei fondali dovrà essere effettuato con l'ausilio di un mezzo navale (imbarcazione, pontone, ecc.) adeguato al raggiungimento delle stazioni di campionamento previste, equipaggiato con ecoscandaglio per il rilevamento della profondità di prelievo e dovrà utilizzare un sistema di localizzazione satellitare con metodologia differenziale D.G.P.S. (Differential Global Positioning System). Le coordinate geografiche e le quote ellissoidiche devono fare riferimento all'ellissoide WGS84. In particolare, latitudine e longitudine devono essere espresse in gradi, primi e frazioni di primo e nelle corrispondenti coordinate UTM metriche; le quote ellissoidiche devono essere espresse in metri e riferite al fondale marino.

Le attività di prelievo dei sedimenti secondo lo schema di campionamento già descritto in precedenza devono essere eseguite mediante carotiere di tipo vibrocorer, o eventualmente a rotazione. Il sistema di perforazione deve essere comunque tale da rendere minimo il disturbo provocato nei sedimenti attraversati, per escludere il propagarsi dei contaminanti dagli strati superficiali a quelli più profondi. Nel caso d'utilizzo di carotiere a rotazione la velocità di rotazione deve essere moderata in modo da ridurre l'attrito tra sedimento e campionatore. Al fine di garantire il prelievo di sedimento indisturbato si richiede l'utilizzo di un rivestimento interno (liner) al carotiere, in polietilene inerte, polipropilene o policarbonato, di lunghezza pari alla lunghezza dell'asta utilizzata. Per lo stesso motivo non è consentito l'uso di fluidi o fanghi di circolazione. Il sondaggio deve essere eseguito in verticale.

La carota deve essere recuperata per l'intera lunghezza prevista, in un'unica operazione, senza soluzione di continuità, utilizzando aste di altezza adeguata allo spessore di materiale da caratterizzare e tenendo conto della necessità di ottenere un recupero pari al 100%. La strumentazione adottata deve, pertanto, prevedere una lunghezza di prelievo opportunamente incrementata rispetto a quella programmata, al fine di consentire il recupero completo dello spessore previsto. Il diametro della strumentazione deve essere tale da consentire il recupero di una quantità di materiale sufficiente per l'esecuzione di tutte le determinazioni analitiche previste, tenendo conto della modalità di preparazione dei campioni e del quantitativo di campione da conservare. Per una descrizione stratigrafica immediata e per evitare una potenziale contaminazione dei campioni è consigliato l'utilizzo di rivestimenti (liner) in policarbonato trasparente. A tal fine l'attrezzatura utilizzata per il prelievo della carota, per l'estrusione o il taglio della stessa, per le operazioni di suddivisione nelle varie sezioni e di omogeneizzazione dei campioni, deve essere sempre decontaminata prima del suo reimpiego. Il quantitativo di campione dovrà essere sufficiente per tutte le determinazioni analitiche da effettuare.

Non è consentito l'uso di sostanze detergenti normalmente utilizzate per la pulizia o per l'ottimizzazione della funzionalità degli strumenti (lubrificanti, CRC, etc.). Ai fini della confrontabilità dei risultati ottenuti, si suggerisce di utilizzare la medesima strumentazione di campionamento nel corso di una medesima campagna, nonché le medesime pratiche di subcampionamento. Per l'esecuzione dei saggi ecotossicologici dovrà essere utilizzata un'aliquota di sedimento proveniente dal livello sottoposto ad indagine e sufficiente a garantire lo svolgimento dei test. L'effettivo spessore di materiale prelevato ai fini delle determinazioni ecotossicologiche dovrà essere opportunamente specificato al momento della restituzione dei risultati.

## **2.13 Preparazione dei campioni e sub-campionamento**

Per ogni punto di prelievo deve essere compilata una scheda riassuntiva contenente le seguenti informazioni:

- Codice identificativo della stazione di campionamento;
- Data ed ora di campionamento;
- Coordinate effettive del punto;
- Quota del fondale;
- Lunghezza della carota prelevata;
- Descrizione stratigrafica della carota;
- Sezioni prelevate;
- Descrizione macroscopica delle sezioni e codici dei relativi campioni.

I codici identificativi della stazione di campionamento e del campione devono essere univoci. In particolare, il codice della stazione deve contenere il riferimento alla campagna d'indagine, al numero della stazione di campionamento e alla sezione di prelievo lungo la carota. L'apertura o l'estrusione della carota devono avvenire entro alcune ore dal prelievo dal fondale marino. Immediatamente dopo le operazioni di apertura o estrusione le carote devono essere misurate per la loro lunghezza di prelievo, fotografate (nella relativa foto comparirà una targa identificativa comprendente il codice della stazione, la data di prelievo e la lunghezza della carota) e ispezionate visivamente da personale specializzato. Una volta misurate, le carote devono essere immediatamente subcampionate separando, partendo dal top, le sezioni di sedimento corrispondenti agli intervalli.

Sulle singole sezioni individuate, immediatamente dopo il decorticamento della parte più esterna della carota, venuta a contatto con le pareti interne del liner o del carotiere, deve essere effettuato:

- Il prelievo dell'aliquota destinata alla determinazione dei composti volatili (idrocarburi C<sub>≤</sub>12, BTEX, composti alifatici clorurati e cancerogeni), sulle sezioni ove sia stato previsto. Detto prelievo deve essere effettuato in modo puntuale secondo la metodica AST 1 4547-03 o EPA 5035, fatti salvi i successivi aggiornamenti;
- La misura di pH e Eh su tutte le sezioni scelte.

Immediatamente dopo si procede al subcampionamento e alla omogeneizzazione delle aliquote previste per l'analisi dei restanti parametri. Il campione omogeneizzato deve essere suddiviso in due subcampioni, uno destinato alle analisi e l'altro da suddividere ulteriormente in due subcampioni, destinati rispettivamente alle analisi di controllo e ad eventuali contraddittori, entrambi da conservare in contenitori di teflon o in HDPE, a temperatura compresa tra -18°C e -25°C.

I due subcampioni destinati alle analisi di controllo e ad eventuali contraddittori devono essere sigillati in campo, mediante dispositivi dotati di sistemi di massima sicurezza.

## 2.14 Trattamento e conservazione dei campioni

Il subcampione da utilizzare per l'esecuzione delle analisi fisiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche deve essere prontamente suddiviso in diverse aliquote, da conservarsi e trasportarsi secondo le seguenti modalità:

- 1 - L'aliquota per analisi granulometrica, il contenuto d'acqua, il peso specifico deve essere raccolta in contenitori di plastica, trasportata e conservata a temperature comprese tra i +4°C e i +6°C; in alternativa si possono utilizzare sacchetti di polietilene ad alta densità, con sistema di chiusura ermetica o a nastro;
- 2 - L'aliquota per la chimica organica (idrocarburi C<sub>≥</sub>12, TOC, IPA, PCB, nitrobenzeni, clorobenzeni, clorofenoli, pesticidi organoclorurati, diossine e furani, composti organostannici) deve essere raccolta in contenitori in polietilene ad alta densità (HDPE), possibilmente dotati di sottotappo. Il trasporto deve avvenire a temperature comprese tra i +4°C e i +6°C; la conservazione in laboratorio a temperature comprese tra -18°C e -25°C;
- 3 - L'aliquota per l'analisi di metalli ed elementi in tracce deve essere raccolta in contenitori decontaminati in HDPE; il trasporto deve avvenire a temperature comprese tra i +4°C e i +6°C; la conservazione in laboratorio a temperature comprese tra -18°C e -25°C;
- 4 - L'aliquota per l'analisi dell'amianto deve essere raccolta in contenitori di plastica o vetro e il trasporto avvenire a temperature comprese tra i +4°C e i +6°C;
- 5 - L'aliquota per le analisi microbiologiche deve essere raccolta in contenitori sterili di polietilene o polistirolo; il trasporto deve avvenire a temperature comprese tra i +4°C e i +6°C; la conservazione in laboratorio deve avvenire alle medesime temperature per un massimo di 24 ore, entro le quali deve essere iniziata l'analisi;
- 6 - L'aliquota per i saggi ecotossicologici deve essere raccolta in contenitori di polietilene o vetro decontaminato ed essere immediatamente posta a temperature comprese tra i +4°C e +6°C. Le analisi dovranno essere eseguite entro 10 gg dal prelievo, salvo diversa indicazione del metodo di riferimento utilizzato;

7 - L'aliquota per l'analisi dei composti organici volatili dopo il prelievo, secondo la procedura di cui al paragrafo precedente deve essere raccolta in contenitori decontaminati in vetro, generalmente compatibili con lo strumento utilizzato per l'analisi, ben chiusi tramite tappo a vite o a ghiera dotato di setto in PTFE. Il trasporto e la conservazione devono avvenire a temperature comprese tra i +4°C e +6°C. I campioni devono essere analizzati preferibilmente entro 14 giorni dal prelievo. In base alle esigenze dei laboratori incaricati, le aliquote dei campioni per le diverse tipologie di contaminanti, qualora sia prevista la conservazione all'interno di contenitori dello stesso tipo, possono essere riunite all'interno dello stesso contenitore già in fase di subcampionamento.

Ad esempio si può procedere come segue:

n° 1 VASO DA LT 1 in HDPE raggruppa le seguenti aliquote: granulometria, composti semivolatili (dagli idrocarburi C>12 alle diossine), metalli, amianto (punti 1,2,3,4 sopra indicati)

N° 1 VASO Da Lt. 1 Sterile raggruppa le seguenti aliquote: Analisi microbiologiche e test ecotossicologici (punti 5,6 sopra indicati)

N° 2 Vials da 40 con metanolo per l'aliquota dei composti organici volatili (punto 7 sopra indicato).

Per quanto riguarda la conservazione dei campioni (previsti 874 campioni in totale fra le fasi di ante operam e verifica dei fondali) per i due anni stabiliti alle temperature sopra indicate comprese tra -18°C e - 25°C, verranno messe a disposizione della Stazione Appaltante un numero adeguato di celle frigorifere specifiche per la conservazione di campioni. La scelta della locazione sarà necessariamente operata di concerto con Stazione Appaltante ed Enti di Controllo.

A titolo puramente esemplificativo si elencano le principali caratteristiche delle celle frigorifere da impiegarsi:

Volume lordo, totale	1427 l
Dimensioni esterne in mm (L/P/A)	1430/830/2150
Dimensioni interne in mm (L/P/A)	1250/700/1550
Consumo energetico in 24 ore	8,887 kWh
Klimaklasse <sup>1</sup>	T 5
Sistema di raffreddamento	ventilato
Sbrinamento	automatico
Vani di temperatura	-10°C a -26°C
Gastronorm	- mm
Materiale del corpo esterno	colore acciaio/bianco
Materiale porta	Acciaio
Materiale contenitore interno	acciaio al nichel-cromo
Tipo di comando	elettronico
Display della temperatura	digitale esterno
Segnale di allarme	ottico e acustico
Interfaccia	RS 485
Contatto a potenziale zero	sì
Griglie regolabili di appoggio	8
Materiale griglie di appoggio	griglie rivestite di materiale plastico
Carico massimo griglie di appoggio	60 kg
Ruote/tipo di ruote	sì/ruote orientabili
Maniglia	maniglia integrata
Porta a chiusura automatica	sì
Isolamento	83 - 60 mm
Gas refrigerante	R 290
Rumorosità (potenza sonora)	60 dB(A)
Peso lordo/netto	262/219 kg

## 2.15 Criteri per la scelta dei laboratori incaricati per le analisi

### Analisi chimiche, fisiche e microbiologiche

Le procedure analitiche utilizzate per la determinazione dei parametri ricercati devono essere scelte fra quelle più aggiornate riportate nei protocolli nazionali e/o internazionali (es: EPA, ISO, UNI, EN, APAT/IRSA-CNR, ASTM, etc.), se esistenti. In assenza di un protocollo come sopra specificato la validità della procedura deve essere documentata.

### Analisi ecotossicologiche (saggi biologici di tossicità)

Le procedure analitiche utilizzate devono essere scelte fra quelle riportate nei protocolli nazionali e/o internazionali o essere di validità internazionale riconosciuta (ASTM, EPA, ISO, AFNOR, CNR-IRSA, APAT, ecc.). Devono essere riportate le metodologie adottate ed eventuali modifiche rispetto a protocolli nazionali ed internazionali di riferimento. Le analisi devono essere condotte da Enti e/o Istituti Pubblici oppure da laboratori privati. I laboratori privati dovranno possedere l'accreditamento, secondo la norma UNI EN ISO/IEC 17025/2005, almeno per le determinazioni dei parametri prioritari, relativo alla matrice specifica dei campioni da analizzare. Sono considerati prioritari i seguenti parametri: granulometria, metalli, IPA, PCB, idrocarburi.

Costituisce titolo preferenziale nella scelta dei laboratori la partecipazione a circuiti nazionali e/o internazionali per l'intercalibrazione e la certificazione delle procedure utilizzate. Nel caso in cui le analisi non siano eseguite da soggetti in possesso di tali requisiti, a garanzia della qualità del dato, ISPRA si riserva la possibilità di far seguire delle prove di intercalibrazione ai laboratori incaricati. Le prove di intercalibrazione dovranno precedere le attività di campionamento, il cui inizio implica il buon esito delle prove stesse. Ad ulteriore garanzia della qualità del dato, ISPRA eseguirà, su un numero significativo di campioni (non superiore al 10%), le medesime analisi.

Gli oneri per il controllo da parte del soggetto pubblico sono a carico dell'Autorità Portuale o, laddove non istituita, dell'Ente competente, che provvederà a trasferirli mediante apposito atto convenzionale con ISPRA.

## 2.16 Analisi previste

Le analisi sotto indicate vanno condotte sul campione tal quale e la restituzione del dato analitico va riportata rispetto al peso secco del materiale analizzato.

### 2.16.1 Analisi Fisiche

#### Su tutti i campioni prelevati

- deve essere effettuata una descrizione macroscopica che riporti la tipologia del sedimento:
  - colore,
  - odore,
  - presenza di concrezioni,
  - residui di origine naturale o antropica, etc.
- devono essere effettuate le determinazioni di contenuto d'acqua e peso specifico.
- devono essere effettuate le determinazioni granulometriche: la determinazione delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti deve prevedere l'individuazione delle principali frazioni dimensionali (ghiaia, sabbia, silt e argilla) secondo le classi dimensionali riportate nella seguente
- **Tabella 2.** La caratterizzazione della frazione pelitica nelle frazioni silt e argilla è richiesta per tutti i campioni aventi percentuale di frazione pelitica maggiore del 10%. Per l'esecuzione di tale caratterizzazione si consiglia l'uso di un sedigrafo a raggi X o di un granulometro laser, oppure di strumentazione idonea a fornire tale informazione analitica.

Frazioni dimensionali		Dimensioni
Ghiaia		> 2 mm
Sabbia		2 mm $\geq$ x > 0,063 mm
Pelite	Silt	0,063 mm > x > 0,004 mm
	Argilla	< 0,004 mm

**Tabella 2 – classi dimensionali richieste per la determinazione delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti**

### 2.16.2 Analisi chimiche

I parametri chimici da determinare sui sedimenti portuali da sottoporre a dragaggio all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale ed i relativi limiti di quantificazione richiesti per diversi parametri sono riportati nella **Tabella 3** (modificata con DM 4 agosto 2010).

Per quanto riguarda la determinazione dei PCB, potranno essere impiegati metodi di analisi a bassa risoluzione ufficialmente riconosciuti e accreditati, qualora la strumentazione impiegata nella determinazione analitica consenta di raggiungere un limite di quantificazione pari o inferiore al limite a quello indicato nella seguente tabella 3, previa verifica dell'idoneità di strumenti e metodo in accordo con gli Enti preposti.

Specifiche chimiche	Singoli Parametri e Specifiche Analitiche	Numero di determinazioni da effettuare	Limite di quantificazione e richiesto (mg/Kg s.s.)	Progetto di caratterizz. Augusta
<b>Metalli</b>	Al (alluminio) As (arsenico) Cd (cadmio) Cr totale (cromo) Cu (rame) Fe (ferro) Hg (mercurio) Ni (nichel) Pb (piombo) Zn (zinco) V (vanadio)	Su tutti i campioni prelevati	5,0 0,5 0,05 5,0 1,0 5,0 0,05 1,0 1,0 1,0 1,0	<b>Su tutti i campioni prelevati</b>
<b>Policlorobifenili (PCB)</b>	Policlorobifenili (PCB) Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 105, PCB 114, PCB 118, PCB 123, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 157, PCB 167, PCB 169, PCB 170, PCB 180, PCB 189 e loro sommatoria (per i PCB Diossina simili si richiede la determinazione con spettrometria di massa ad alta risoluzione)	Su tutti i campioni prelevati	0.0001  per singolo composto  0.00001  per singolo composto dei PCB Diossina simili	<b>Su tutti i campioni prelevati</b>
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)</b>	Naftalene Acenafte Fluorene Fenantrene Antracene Fluorantene Pirene Benzo(a)antracene Crisene Benzo(b)fluorantene Benzo(k)fluorantene Benzo(j)fluorantene Benzo(a)pirene Benzo(e)pirene Dibenzo(a,h)antracene Benzo(g,h,i)perilene Indeno(1,2,3,c,d)pirene Acenaftilene	Su tutti i campioni prelevati	0.001  Per singolo idrocarburo	<b>Su tutti i campioni prelevati</b>

Specifiche chimiche	Singoli Parametri e Specifiche Analitiche	Numero di determinazioni da effettuare	Limite di quantificazione e richiesto (mg/Kg s.s.)	Progetto di caratterizz. Augusta
Benzene		Su tutti i campioni prelevati	1.0	Su tutti i campioni prelevati
Idrocarburi leggeri (C <sub>≤</sub> 12)**		Su tutti i campioni prelevati	0.5	Su tutti i campioni prelevati
Idrocarburi pesanti (C <sub>&gt;</sub> 12)**		Su tutti i campioni prelevati	1.5	Su tutti i campioni prelevati
Azoto totale		Solo su campioni di sedimento presumibilmente destinati a immersione in mare		NO E' previsto il conferimento a discarica
Fosforo totale		Solo su campioni di sedimento presumibilmente destinati a immersione in mare		NO E' previsto il conferimento a discarica
Carbonio Organico Totale (TOC)		Su tutti i campioni prelevati		Su tutti i campioni prelevati
Pesticidi organoclorurati	DDD, DDT, DDE, (per ogni sostanza: somma degli isomeri 2,4 e 4,4) Cis-clordano Trans-clordano Aldrin Dieldrin Endrin α-esaclorocicloesano α-esaclorocicloesano γ-esaclorocicloesano (Lindano) Eptocloro Eptacloro Epossido	In presenza di attività presenti o pregresse che ne facciano ipotizzare la presenza, su una percentuale dei campioni	0.0005 per singolo composto	Sul 40% dei campioni prelevati
Esaclorobenzene	HCB	Su una percentuale dei campioni	0.0001	Sul 40% dei campioni prelevati
Composti organostannici	Espresso come Sn totale di origine organica	Su una percentuale dei campioni	0.001	Sul 40% dei campioni prelevati

Specifiche chimiche	Singoli Parametri e Specifiche Analitiche	Numero di determinazioni da effettuare	Limite di quantificazione e richiesto (mg/Kg s.s.)	Progetto di caratterizz. Augusta
Diossine e furani [Sommatoria PCDD/PCDF (conversione T.E.)]	Determinati con spettrometria di massa ad alta risoluzione al fine del raggiungimento del limite di rilevabilità richiesto	Su una percentuale dei campioni	$0.5 \times 10^{-6}$	Sul 40% dei campioni prelevati
Amianto	Espresso in mg/Kg s.s. determinato attraverso una delle seguenti tecniche: diffrattometria a raggi oppure I.R. - Trasformata di Fourier	Su una percentuale dei campioni		Sul 40% dei campioni prelevati
Solventi aromatici (BTEX)		Su una percentuale dei campioni	1.0 per singolo composto	Sul 40% dei campioni prelevati
<p>Devono essere inoltre ricercate tutte quelle sostanze ricavabili sulla base delle indagini di cui al punto 2.1, con particolare attenzione alle sostanze Pericolose e Prioritarie di cui alla decisione del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 2455/2001/CE.</p> <p>In questi casi le sostanze aggiuntive devono essere ricercate su un numero rappresentativo di campioni, scelti in modo tale da ottenere una distribuzione il più possibile rappresentativa dell'area da caratterizzare, con particolare attenzione alle zone con maggiore contaminazione presunta.</p> <p>* Con la dizione "limite di quantificazione richiesto" si intende la concentrazione di analista più bassa misurabile con il metodo utilizzato dal laboratorio che procede all'analisi.</p> <p>** In attesa di specifiche metodiche di riferimento, gli Idrocarburi Totali (THC) sono da considerare come sommatoria di Idrocarburi leggeri (C<sub>12</sub>) e di Idrocarburi pesanti (C<sub>&gt;12</sub>).</p> <p>Ai fini della classificazione del materiale contenente "Idrocarburi Totali" (THC) di origine non nota, si fa riferimento al parere espresso dall'Istituto Superiore di Sanità il 5 luglio 2006, prot. n. 0036565 sulle "procedure di classificazione di rifiuti contenenti idrocarburi", e successivi aggiornamenti a seguito dell'adeguamento al progresso tecnico (ATP) in materia di classificazione, di imballaggio e di etichettatura delle sostanze pericolose ai sensi della direttiva 67/548/CEE, precisando che, al solo fine della classificazione quale rifiuto, l'analisi deve fare riferimento al tal quale.</p>				

**Tabella 3 – Analisi chimiche da eseguire sui sedimenti portuali da sottoporre a dragaggio all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale e relativi limiti di quantificazione**

### 2.16.3 Analisi Microbiologiche

Le analisi microbiologiche da eseguire ai fini di cui all'art. 5, comma 11-ter sui sedimenti portuali da sottoporre a dragaggio all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale, stante la loro specifica natura, sono indicate nella **Tabella 4**.

Parametro	Specifiche	Numero di determinazioni da effettuare	Progetto di caratterizz. Augusta
Enterococchi	Fecali	Su tutti i campioni prelevati	Su tutti i campioni prelevati
Coliformi	Totali	Su tutti i campioni prelevati	Su tutti i campioni prelevati
Coliformi	Escherichia coli	Su tutti i campioni prelevati	Su tutti i campioni prelevati
Clostridi	Spore di clostridi solfito-riduttori	Su tutti i campioni prelevati	Su tutti i campioni prelevati
Salmonella		Su tutti i campioni prelevati	Su tutti i campioni prelevati
Stafilococchi		Su tutti i campioni prelevati	Su tutti i campioni prelevati
Miceli e Lieviti		Al fine dell'eventuale riutilizzo dei sedimenti per ripascimenti è opportuna la determinazione su tutti i campioni. Se il sedimento prelevato è destinato ad altri usi la determinazione non è necessaria.	NO NON è previsto il riutilizzo per ripascimenti

**Tabella 4 – Analisi microbiologiche da eseguire sui sedimenti portuali da sottoporre a dragaggio all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale**

#### 2.16.4 Analisi ecotossicologiche

Le analisi ecotossicologiche (saggi biologici di tossicità) da eseguire ai fini di cui all'art. 5, comma 11-ter sui sedimenti portuali da sottoporre a dragaggio all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale, stante la loro specifica natura, verranno effettuate sul 40% dei campioni, a due matrici ambientali costituite da:

- Fase solida del sedimento (sedimento tal quale e/o centrifugato);
- Fase liquida del sedimento (acqua interstiziale e/o elutriato);

Verrà impiegata una batteria di saggi biologici costituita da tre specie-test appartenenti a gruppi tassonomici e filogenetici differenti, scelte preferibilmente all'interno della lista di specie riportate in **Tabella 5**, dove sono riportate anche le modalità di applicazione.

Specie	Matrice	Stadio vitale	Esposizione	End-point	Espressione dato
<b>ALGHE</b>					
<i>Skeletonema costatum</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Pheodactylum tricomutum</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Minutoceclus polymorphus</i>					
<b>BATTERI</b>					
<i>Vibrio fischeri</i>	Elutriato	Cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	EC20 e EC50
	Sedimento centrifugato	Cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	S.T.I. (Sediment Toxicity Index)
<b>ROTIFERI</b>					
<i>Brachionus plicatilis</i>	Elutriato	Individui	48h	Schiusa delle cisti	EC20 e EC50
<b>CROSTACEI</b>					
<i>Ampelisca diadema</i>	Sedimento tal quale	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità	Amortalità (Corretto con Abbot)
<i>Corophium orientale</i>	Sedimento tal quale	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità	Amortalità (Corretto con Abbot)
<i>Corophium insidiosum</i>	Sedimento tal quale	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità	EC20 e EC50 (Corretto con Abbot)
<i>Acartia tonsa</i>	Elutriato	Nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<i>Acartia clausi</i>	Elutriato	Nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<i>Tisbe battagliai</i>	Elutriato	Nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<i>Tigriopus fulvus</i>	Elutriato	Nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<b>MOLLUSCHI</b>					
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Elutriato	Gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50
<i>Tapes philippinarum</i>					EC20 e EC50
<i>Cassostrea gigas</i>	Elutriato	Gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50
<b>ECHINODERMI</b>					
<i>Sphaerechinus granularis</i>	Elutriato	Gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50 (Corretto con Abbot)
<i>Paracentrotus lividus</i>	Elutriato	Gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50 (Corretto con Abbot)
<i>Arbacia lixula</i>					

<b>PESCI</b>					
<i>Dicetrarchus labrax</i>	Elutriato	Giovanili	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<i>Sparus aurata</i>	Elutriato	Giovanili	96h	Mortalità	EC20 e EC50

**Tabella 5 – Modalità di applicazione dei saggi biologici ai sedimenti**

### 2.17 Validità delle analisi

Tutte le risultanze analitiche possono essere considerate valide per tre anni, purché non si siano verificati eventi naturali o artificiali (es. dragaggi, sversamenti accidentali) che abbiano modificato la situazione preesistente.

### 2.18 Modalità di restituzione dei risultati

La restituzione fornita dal laboratorio unitamente al dato deve garantire la correttezza della procedura di esame, l'inequivocabilità dell'informazione nonché la qualità del dato. I laboratori devono fornire, in linea con quanto previsto dai principi per la Buona Pratica di Laboratorio, un Rapporto di Prova, datato e firmato dal responsabile del laboratorio che riporti: il nome e la Sede Legale del laboratorio, nonché la sede operativa ove sono state svolte le analisi, l'identificazione univoca del campione analizzato; il codice alfanumerico dell'analisi; l'elenco dei parametri determinati, con relativo risultato analitico ottenuto e relativa unità di misura (i risultati numerici vanno indicati con un numero di cifre significative coerenti con il limite di quantificazione richiesti di cui in **Tabella 3**); l'incertezza di misura espressa nella stessa unità di misura del risultato; il metodo di riferimento usato; il limite di quantificazione; la data di ricevimento del materiale da analizzare e la data di esecuzione della determinazione.

Tutti i dati raccolti durante la caratterizzazione (dati numerici, alfa numerici, grafici, raster, vettoriali o misti, dati conseguenti all'elaborazione dei dati grezzi, dati derivanti dalle analisi di laboratorio, ecc) devono essere inclusi nel progetto di dragaggio anche in formato digitale, per essere poi inseriti in una banca dati relazionale, georeferenziati e dettagliatamente documentata, ed infine trasferiti in un unico Sistema Informativo Territoriale relativo ai siti di bonifica di interesse nazionale.

Anche la relativa documentazione cartografica deve essere riportata in forma digitale, per permettere eventuali confronti e correlazioni, la cui organizzazione, struttura e formato dovranno essere compatibili con il citato Sistema Informativo.

In particolare, i risultati analitici devono essere resi disponibili su supporto digitale, in un'unica tabella in formato MDB (Microsoft Access), secondo le specifiche delineate nel seguito. L'Autorità Portuale o, laddove non istituita, l'Ente competente, avvalendosi della collaborazione di ISPRA, deve assicurare l'esatta corrispondenza tra il dato riportato sul Rapporto di Prova ed il dato in forma digitale, corredato delle coordinate effettive registrate al momento del campionamento.

La formattazione dei risultati analitici restituiti in formato digitale deve rispondere, a titolo di esempio, ai seguenti requisiti:

- I nomi dei campi della tabella non devono contenere né spazi né caratteri speciali o di punteggiatura.
- È ammesso l'uso del carattere underscore (\_) e del carattere ( $\mu$ ).
- Tutte le coordinate devono essere riferite al datum WGS84. Le coordinate geografiche devono essere restituite come gg.pp.mmmm (4 cifre decimali per le frazioni di primo), le coordinate cartografiche in metri.
- Tutte le quote devono essere espresse in metri (1 cifra decimale).
- Ad ogni campione deve essere associato un unico record di una tabella, il quale record deve contenere tutti i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sul campione.
- I nomi dei campi relativi ai risultati analitici devono indicare il parametro analizzato e l'unità di misura
- I campi relativi alle tipologie di analisi che prevedono risultati di tipo descrittivo (granulometria, descrizione del campione, qualità organolettiche...) devono essere di tipo testo.
- I campi relativi alle informazioni e alle tipologie di analisi che prevedono dati di tipo numerico (ad es. coordinate, profondità, analisi chimico-fisiche, microbiologia...) devono essere unicamente di tipo numerico. La precisione deve essere adeguata al parametro descritto.
- Tutti i risultati analitici al di sotto del limite di quantificazione devono essere indicati con un valore pari alla metà del limite stesso.

I primi campi della tabella devono contenere le informazioni relative alla campagna di campionamento condotta, alla stazione di prelievo ed ai campioni prelevati. Essi devono essere i seguenti:

- Codice della stazione (Codice\_Campagna\_Stazione)
- Codice del campione (Codice\_Campione), che comprenderà l'indicazione della stazione di prelievo ed il livello di sedimento corrispondente al campione
- Gradi Latitudine (Lat\_Gradi)
- Primi Latitudine (Lat\_Primi)
- Gradi Longitudine (Long\_Gradi)
- Primi Longitudine (Lng\_Primi)
- Nord Utm (Nord)
- Est Utm (Est)

## 2.19 Elaborazione e valutazione dei risultati

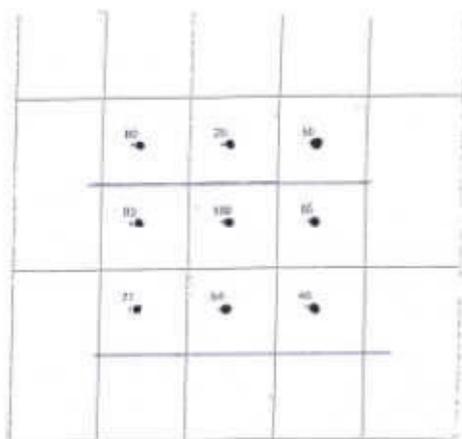
Lo schema di caratterizzazione eseguito deve essere tale da consentire la formulazione di una ipotesi affidabile sulla distribuzione della contaminazione nello spazio.

Ogni volta sia possibile, l'analisi geostatica deve essere lo strumento da preferirsi per tale studio. Tale analisi, che deve sempre essere effettuata da operatori esperti, permette di ottenere, tramite la modellazione tridimensionale della variabilità spaziale, stime ottimali della distribuzione spaziale dei parametri indagati ed una valutazione del relativo grado di affidabilità ad esse associato.

Le elaborazioni geostatiche effettuate sui risultati della caratterizzazione devono essere riproducibili da parte del controllore. A tale scopo, nella documentazione finale devono essere dettagliatamente descritti il metodo utilizzato e l'applicativo impiegato; devono inoltre essere riportati nella documentazione tutti i variogrammi teorici e sperimentali ed ogni stima deve essere associata alla relativa mappa della varianza. Per l'elaborazione geostatica dei risultati della caratterizzazione l'Autorità Portuale o, laddove non istituita, l'Ente competente potrà avvalersi della collaborazione di ISPRA relativamente agli aspetti tecnico scientifici.

Nel caso in cui non venga utilizzata la geostatistica, per il calcolo dei volumi da sottoporre a differente gestione è necessario utilizzare un criterio cautelativo. L'area di indagine deve essere suddivisa secondo le aree di competenza delle stazioni di campionamento. Qualora il campionamento sia stato effettuato utilizzando una maglia regolare, l'area di competenza di ciascuna stazione coinciderà con la rispettiva maglia. Qualora il campionamento sia stato effettuato secondo uno schema irregolare, ogni punto dell'area di indagine sarà associato alla stazione ad esso più vicina (divisione secondo il diagramma di Voronoi, o i poligoni di Thiessen).

Qualora in un campione la concentrazione di un analita sia superiore alla concentrazione di riferimento, sarà considerato appartenente alla stessa classe di qualità del campione il sedimento contenuto nella relativa area di competenza e quello delle aree ad essa adiacenti i cui rispettivi campioni presentino concentrazioni superiori al 90% del suddetto valore limite.



**Figura 15 – Esempio di applicazione del criterio di cautela con una concentrazione di riferimento pari a 100 in una griglia regolare**

In ogni cella della griglia di stima, o in ogni area di competenza, la classe di qualità del sedimento sarà la peggiore tra quelle risultanti dalle analisi di tutti gli analiti.

## 2.20 Modalità di gestione del sedimento rimosso

L'articolo 2 del **DM 7 novembre 2008** definisce che le "Analisi chimiche e valori di riferimento" <...> effettuate ai sensi dell'Allegato "A", stabiliscono in occasione della caratterizzazione ad ogni effetto l'idoneità dei materiali dragati ad essere successivamente impiegati o gestiti ai sensi delle disposizioni di cui all'**articolo 5-bis, della legge n. 84 del 1994**.

L'art.5-bis della legge n.84 del 1994, oltre a ribadire l'importanza del Progetto di Dragaggio, che dovrà essere approvato prima dell'inizio dei lavori: "... le operazioni di dragaggio possono essere svolte anche contestualmente alla predisposizione del progetto relativo alle attività di bonifica. Al fine di evitare che tali operazioni possano pregiudicare la futura bonifica del sito, il progetto di dragaggio, basato su tecniche idonee ad evitare dispersione del materiale, ivi compreso l'eventuale progetto relativo alle casse di colmata, vasche di raccolta o strutture di contenimento di cui al comma 3, e' presentato dall'autorità portuale o, laddove non istituita, dall'ente competente ovvero dal concessionario dell'area demaniale al Ministero delle infrastrutture e dei trasporti e al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, con proprio decreto, approva il progetto entro trenta giorni sotto il profilo tecnico-economico e trasmette il relativo provvedimento al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare per l'approvazione definitiva.",

Inoltre, nello stesso articolo di legge, al comma 2, il legislatore riporta in maniera chiara ed esaustiva le modalità di gestione del sedimento rimosso ovvero:

"a) qualora presentino, all'origine ovvero a seguito di trattamenti aventi esclusivamente lo scopo della rimozione degli inquinanti, ad esclusione dei processi finalizzati alla immobilizzazione degli inquinanti stessi, caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche ((...)) idonee con riferimento al sito di destinazione, e non presentino positività ai test eco-tossicologici, su autorizzazione dell'autorità competente per la bonifica, possono essere immessi o refluiti nei corpi idrici dai quali provengono, ovvero possono essere utilizzati per il rifacimento degli arenili, per formare terreni costieri ovvero per migliorare lo stato dei fondali attraverso attività di capping, nel rispetto delle modalità previste dal decreto di cui al comma 6. Restano salve le competenze della regione territorialmente interessata; "

"b) qualora presentino, all'origine o a seguito di trattamenti aventi esclusivamente lo scopo della desalinizzazione ovvero della rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati alla immobilizzazione degli inquinanti stessi, livelli di contaminazione non superiori a quelli stabiliti nelle colonne A e B della Tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, in funzione della destinazione d'uso e qualora risultino conformi ai test di cessione da compiere con il metodo e in base ai parametri di cui al decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998, pubblicato nel supplemento ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, possono essere destinati a impiego a terra secondo le modalità previste dal decreto di cui al comma 6. Nel caso siano destinati a impiego in aree con falda naturalmente salinizzata, i materiali da collocare possono avere un livello di concentrazione di solfati e di cloruri nell'eluato superiore a quello fissato dalla tabella di cui all'allegato 3 del citato decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998 a condizione che, su conforme parere dell'ARPA territorialmente competente, sia prevenuta qualsiasi modificazione delle caratteristiche. Tale destinazione deve essere indicata nei progetti di cui al comma 1. Il provvedimento di approvazione del progetto di dragaggio costituisce altresì autorizzazione all'impiego dei materiali fissandone l'opera pubblica, il luogo, le condizioni, i quantitativi e le percentuali di sostituzione dei corrispondenti materiali naturali; "

"c) qualora risultino non pericolosi all'origine o a seguito di trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati alla immobilizzazione degli inquinanti stessi quali solidificazione e stabilizzazione, possono essere destinati a refluitamento all'interno di casse di colmata, di vasche di raccolta, o comunque in strutture di contenimento che presentino un sistema di impermeabilizzazione naturale o artificiale o completato artificialmente al perimetro e sul fondo in grado di assicurare requisiti di permeabilità equivalenti a quelli di uno strato di materiale naturale dello spessore di 1 metro con K minore o uguale a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s, "

"d) qualora risultino caratterizzati da concentrazioni degli inquinanti al di sotto dei valori di intervento definiti ed approvati dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare per ciascun sito di interesse nazionale, l'area interessata viene restituita agli usi legittimi, previo parere favorevole della conferenza di servizi di cui all'articolo 242, comma 13, del decreto legislativo 5 aprile 2006, n. 152."

## 2.21 Verifica dei fondali dragati

L'articolo 5 del DM 7 novembre 2008 prevede la verifica dei fondali dragati. Al termine delle operazioni di dragaggio, prima di procedere alla realizzazione delle opere a mare, si dovrà verificare il fondale dragato ai sensi dell'allegato A, limitatamente allo strato superficiale (primi 50 cm dalla quota del fondale) e per i soli parametri che nella caratterizzazione superano i valori di intervento specifici per il "Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Priolo: Rada di Augusta" individuati da ICRA (ora ISPRA) – rif. doc. #CII-Pr-valori di intervento Rada-01.01). In caso i valori di concentrazione misurati nei sedimenti di detto strato dovessero superare detti limiti di intervento, si dovrà attivare la procedura di bonifica (vedi i Valori di intervento in **Tabella 7**).

### 2.21.1 Schema di campionamento

Per la verifica dei fondali dragati si applica lo stesso schema con la stessa posizione delle stazioni di monitoraggio della precedente caratterizzazione dei sedimenti marini eseguita prima dell'inizio dei lavori. La verifica è da effettuarsi limitatamente allo strato superficiale

SCHEMA DELLA STRATEGIA DELLA VERIFICA DEI FONDALI DRAGATI DELL'AREA DI SEDIME DELLE OPERE A MARE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA	
<b>Stazioni:1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-21-22-23-24-25-32-33-39-40-45-46-47-48-49-50</b>	<b>50x50 m</b>
<b>Spaziatura delle maglie di campionamento</b>	
N. Totale maglie	28
N. Totale stazioni di campionamento per ciascuna maglia	1
<b>Totale stazioni di campionamento</b>	<b>28</b>
H scavo massimo previsto nell'area (m)	1
N. carote per stazione di campionamento	1
<b>N. carote da 50 cm</b>	<b>28</b>
1 campione ogni 50 cm di sezione	1
Lunghezza della carota (m)	0,50
Totale campioni per carota	1
<b>Totale campioni (da 0 a -2,0 m dal fondale)</b>	<b>28</b>
<b>Subcampioni da analizzare (50% del campione)</b>	<b>28</b>
Subcampioni da conservare (50% del campione = divisione in 2 subcampioni da 25% l'uno )	56
Totale lunghezze di carotaggio	
Lunghezza carote da 0 a -0,50 m dal fondale (m)	14,00
<b>Totale lunghezze di carotaggio</b>	<b>14,00</b>

**Tabella 6 – Schema di campionamento dei fondali dragati(le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

La verifica dei fondali viene eseguita dopo il dragaggio e perciò è legata alle fasi di esecuzione dell'opera. Secondo il crono programma il dragaggio viene eseguito in FASE 1 per le aree 22-23-24, in **FASE 5 per quanto riguarda le aree del Primo Stralcio, ed in FASE 8 e 9 per quanto riguarda le aree relative agli impalcati ed all'impronta della scogliera.**

Tutte le FASI di bonifica sopra esposte sono seguite da una verifica dei fondali, in assenza della quale non è possibile iniziare le FASI che prevedono riempimenti e rilevati (FASE 2, 6 e 11).

La Planimetria dei punti di campionamento è riportata in **Figura 14**.

### 2.21.2 Analisi previste

Sulla base dei risultati ottenuti dalla caratterizzazione di ante operam, la verifica dei fondali ripercorrerà la stessa grigliatura di campionamento dell'ante operam, e nei punti dove per taluni parametri si è osservato il superamento dei valori di intervento specifici per il Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Priolo: Rada di Augusta individuati da ICRAM (ora ISPRA), si procederà all'analisi di verifica dei suddetti parametri. Nel caso i valori di concentrazione misurati nei sedimenti dello strato superficiale analizzato dovessero superare detti limiti di intervento (**Tabella 7**), si dovrà attivare la procedura di bonifica. La suddetta circostanza e la valutazione delle azioni da intraprendere esula dall'ambito specifico del presente piano di monitoraggio.

In caso contrario si potrà procedere alla realizzazione delle opere a mare.

NUMERO CAS		PARAMETRI	VALORI DI INTERVENTO
		<b>Metalli</b>	<b>Mg/kg s.s</b>
7440-38-2		Arsenico	32
7440-43-9	PP	Cadmio	1.0
7440-47-3		Cromo totale	150
7439-97-6	PP	Mercurio	1.0
7440-02-0	P	Nichel	63
7439-92-1	P	Piombo	80
		Rame	75
		Zinco	165
		<b>Organostannici</b>	<b>µg/kg s.s</b>
	PP	Tributilstagno (E mono, di e tributil)	70 (Sn)
		<b>Policiclici Aromatici</b>	<b>µg/kg s.s</b>
	PP	IPA totali	4000
50-32-8	PP	Benzo(a)pirene	760
120-12-7	P	Antracene	245
206-44-0	P	Fluorantene	1500
91-20-3	P	Naftalene	390
		<b>Pesticidi</b>	<b>µg/kg s.s</b>
309-00-2		Al drin	5
319-84-6	PP	Alfa esaclorocicloesano	1
319-85-7	PP	Beta esaclorocicloesano	1
58-89-9	PP	Gamma esaclorocicloesano lindano	1
		DDT	5
		DDD	5
		DDE	5
60-57-1		Dieldrin	5
		HCB	5
		<b>Diossine e Furani</b>	<b>µg/kg s.s</b>
		Sommat PCDD, PCDF e PCB diossina simili (T.E.)	30 x 10 <sup>-3</sup>
		<b>PCB</b>	<b>µg/kg s.s</b>
		PCB totali	190

**Tabella 7 – Tabella estratta dal documento ICRAM – “Valori di intervento per i sedimenti di aree fortemente antropizzate, con particolare riferimento al Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Priolo: Radadi Augusta” - rif. doc. #CII-Pr-valori di intervento Rada-01.01**

Note alla tabella

1. Le sostanze contraddistinte dalla lettera P e PP sono, rispettivamente, le sostanze prioritarie e quelle pericolose prioritarie individuate ai sensi della decisione n. 2455/2001/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 20 novembre 2001.
2. IPA totali la sommatoria è riferita ai 16 singoli IPA ritenuti significativi sotto il profilo ambientale: acenaftene, antracene, benzo[k]fluorantene, benzo[a]antracene, benzo[a]pirene, benzo[a]terilene, crisene, dibenzo[a,h]antracene, fluorantene, fluorene, indeno[1,2,3 cd]pirene, naftaline, fenantrene e pirene.
3. DDE, DDD, DDT: il valore è riferito alla somma degli isomeri 2,4 e 4,4 di ciascuna sostanza.
4. PCB: il valore è riferito alla sommatoria di una selezione di alcuni congeneri ritenuti più significativi sotto il profilo sanitario e ambientale (28, 52, 77, 81, 95, 99, 101, 105, 110, 118, 126, 128, 138, 146, 149, 151, 153, 156, 169, 170, 177, 180, 183, 187).

5. Ai fini della sommatoria "PCDD, PCDF e PCB diossina simili (T.E.) si riportano i PCB diossina simili ed i rispettivi fattori di tossicità equivalente:

<b>PCB</b>	<b>Tossicità equivalente</b>
77	0,0001
81	0,0001
105	0,0001
114	0,0005
118	0,0001
123	0,0001
126	0,1
156	0,0005
157	0,0005
167	0,00001
169	0,01
189	0,0001

**Tabella 8 – Fattori di tossicità equivalente**

6. Metalli: i valori sono stati formulati tenendo conto dei tenori naturali che caratterizzano l'area sulla base di dati bibliografici e degli approfondimenti analitici condotti da ICRAM; pertanto, per altre aree, tali valori potranno subire modifiche anche significative in relazione alle caratteristiche geochimiche locali ed all'elemento stesso.

### 3 Piano di Caratterizzazione – Aree a terra

In accordo con le prescrizioni del MATTM e ARPA Sicilia, prima dell'inizio dei lavori, dovrà essere effettuata la caratterizzazione, ai sensi del DL 152/2006, della parte a terra in corrispondenza del piano di posa del rilevato del piazzale di progetto e delle aree che subiscono movimenti di terra. Per le modalità di realizzazione e di caratterizzazione rispetto ai valori massimi degli analiti accettabili si fa riferimento agli allegati 2 e 5 al titolo V della legge sopra citata (vedi tavola di progetto con ubicazione dei prelievi) secondo le prescrizioni espresse da ARPA Sicilia e MATTM.

#### 3.1 Schema di campionamento

La maglia di indagine è stata scelta di 50 x 50 m, nell'area in collina dove attualmente c'è il bosco di eucalipti su una superficie di 30.400.00 mq. La planimetria dei punti di campionamento è riportata in **Figura 16**.

Si dovranno eseguire in questa prima fase solo i sondaggi **n.51 n.52 n.53 n. 54 n. 55 n. 56 n.57 n.58 n.59 n.60 n.61 n.62 n.63**.

Si prevede l'istallazione di n. 2 piezometri ubicati in maniera tale da essere rappresentativi del monte-valle idrogeologico – **sondaggi n.51 e n.63**

Si prevede inoltre il prelievo di almeno n.2 campioni di top soil (10% dei punti di indagine) per la ricerca dei seguenti parametri: Amianto, Diossine, PCB – **Sondaggi n.53 e n.62**.

Sono previsti 13 punti di campionamento all'interno dell'area di indagine, rappresentativi delle maglie 50x50 m.

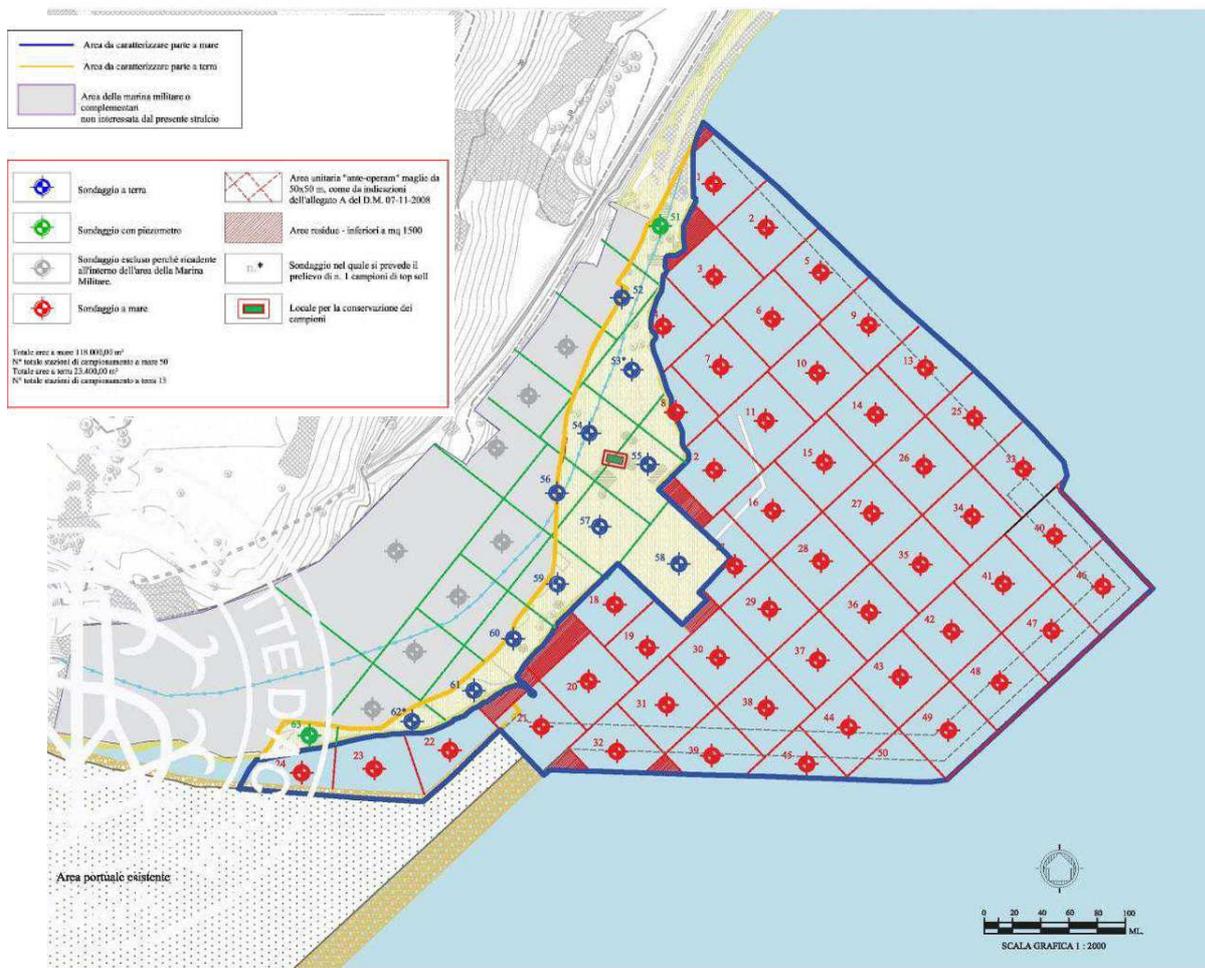


Figura 16 – Planimetria delle stazioni di campionamento

SCHEMA DELLA STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO ANTE-OPERAM DELL'AREA DI SEDIME DELLE OPERE A TERRA DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA Caratterizzazione parte a terra ai sensi del DL 152/2006	
<b>Spaziatura delle maglie di campionamento</b>	<b>50x50 m</b>
N. Totale maglie	13
N. Totale stazioni di campionamento per ciascuna maglia	1
<b>1 - Caratterizzazione del suolo insaturo:</b> <b>n.1 campione rappresentativo della porzione superficiale</b> <b>n.1 campione rappresentativo della porzione intermedia</b> <b>n.1 campione rappresentativo del fondo foro</b>	
Numero campioni totali per la caratterizzazione del suolo insaturo	<b>39</b>
<b>2 - Caratterizzazione del suolo saturo:</b> <b>n.1 campione alla base dell'acquifero</b> <b>n.1 campione intermedio per ogni 5m di intervallo stratigrafico compreso tra la frangia capillare e la base dell'acquifero</b>	
Numero campioni totali per la caratterizzazione del suolo saturo (solo maglie con piezometri)	<b>4</b>
Numero totale di campioni	43
Di cui oltre i 10 m di sondaggio (ipotesi n.1 a stazione)	2
Entro i 10 m di sondaggio	41
<b>Metri lineari totali di sondaggio ( 12 ml/sondaggio con piezometro; 3 ml/sondaggio restanti)</b>	<b>57</b>
Numero carotaggi con piezometro	2
Numero prelievi di top-soil (min 10% totale punti di indagine) per ricerca di Amianto, Diossine, PCB	2

**Tabella 9 – Schema di campionamento indagini di caratterizzazione aree a terra (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

### 3.2 Selezione delle sostanze inquinanti da ricercare

La selezione dei parametri dovrà avvenire essenzialmente sulla base del seguente processo:

- Esame del ciclo produttivo e/o dei dati storici del sito (processo industriale, materie prime, intermedi, prodotti e reflui generati in caso di un'area industriale dimessa; materiali smaltiti in caso di una discarica, prodotti coinvolti in caso di sversamenti accidentali, eventuali analisi esistenti, etc.) per la definizione di un "set standard" di analiti (sia per le analisi dei terreni sia per quelle delle acque sotterranee) concettualmente applicabile, nel corso delle indagini, alla generalità delle aree interessate.
- Esame dello stato fisico, della stabilità e delle caratteristiche di reale pericolosità delle sostanze individuate nel "set standard" di analiti di cui al punto precedente per eseguire solo su queste la caratterizzazione completa di laboratorio.

Nei punti distanti dalle possibili sorgenti di contaminazione si potrà inoltre selezionare un numero limitato di parametri indicatori, scelti sulla base della tossicità e mobilità dei contaminanti e dei relativi prodotti di trasformazione. Si potrà valutare la possibilità e l'opportunità di modulare il piano analitico in funzione della peculiarità delle varie sub aree di interesse, individuando set specifici.

### 3.3 Modalità di esecuzione sondaggi e piezometri

I sondaggi saranno eseguiti, per quanto possibile, mediante carotaggio continuo a infissione diretta, rotazione/rotopercussione a secco, utilizzando un carotiere di diametro idoneo ed evitando fenomeni di surriscaldamento. I sondaggi da attrezzare a piezometro saranno realizzati, per quanto possibile, a carotaggio continuo a rotazione/rotopercussione a secco, utilizzando un carotiere di diametro idoneo.

### 3.4 Campionamento terreni e acque sotterranee

Tutte le operazioni che saranno svolte per il campionamento delle matrici ambientali, il prelievo, la formazione, il trasporto e la conservazione del campione e per le analisi di laboratorio dovranno essere documentate con verbali quotidiani. Dovrà inoltre essere riportato l'elenco e la descrizione dei materiali e delle principali attrezzature utilizzati. Il piano di indagini dovrà contenere una dettagliata descrizione delle procedure di campionamento dei terreni e delle acque, le misure da effettuare in campo, le modalità di identificazione, conservazione e trasporto dei campioni, che una volta approvate dalle Autorità Competenti, prima dell'inizio dei lavori, costituiranno l'unico protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito. Si è seguito il protocollo ARPA *"Protocollo generale per l'esecuzione delle indagini di caratterizzazione e collaudo degli interventi di bonifica dei siti contaminati da parte dei soggetti obbligati, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dell'accordo di programma per il sito di interesse nazionale (SIN) Priolo"*.

Ogni campione è suddiviso in 3 aliquote, 1 per l'analisi da condurre ad opera dei soggetti privati, 2 per archivio a disposizione dell'Ente di Controllo. La copia di archivio verrà conservata a temperatura idonea, sino all'esecuzione e validazione delle analisi di laboratorio da parte dell'ente di controllo preposto.

### 3.5 Terreni

I criteri che devono essere adottati nella formazione di campioni di terreno che si succedono lungo la colonna di materiali prelevati sono:

- Ottenere la determinazione della concentrazione delle sostanze inquinanti per strati omogenei dal punto di vista litologico
- Prelevare separatamente, in aggiunta ai campioni previsti per sondaggio, materiali che si distinguono per evidenze di inquinamento o per caratteristiche organolettiche, chimico-fisiche e litologico-stratigrafiche. Analisi di campo e analisi semiquantitative (p.s. test in sito dello spazio di testa) potranno essere utilizzate, la dove applicabili, per selezionare tali campioni e per ottenere una maggiore estensione delle informazioni sulla verticale. I campioni relativi a particolari evidenze o anomalie sono formati pre spessori superiori a 50cm.

Per corrispondere ai criteri indicati, da ciascun sondaggio i campioni dovranno essere formati distinguendo almeno:

- Campione 1 : da 0 a -1m dal piano campagna;
- Campione 2 : 1m che comprenda la zona di frangia capillare;
- Campione 3 : 1m nella zona intermedia tra i due campioni precedenti.

Il campione dovrà essere formato immediatamente a seguito dell'estrusione del materiale dal carotiere in quantità significative e rappresentative. Un apposito campione dovrà essere prelevato nel caso in cui si debba provvedere alla classificazione granulometrica del terreno.

Quando sono oggetto di indagini rifiuti interrati, in particolare quando sia prevista la loro rimozione e smaltimento come rifiuto, si procederà al prelievo ed all'analisi di un campione medio del materiale estratto da ogni posizione di sondaggio. I sondaggi, dopo il prelievo dei campioni di terreno, saranno sigillati con riempimento dall'altro o iniezioni di miscele bentonitiche dal fondo.

### 3.6 Acque sotterranee

Ai fini del presente documento si intende rappresentativo della composizione delle acque sotterranee il campionamento dinamico.

Qualora debba essere prelevata solamente la fase separata di sostanze non miscibili oppure si sia in presenza di acquiferi poco produttivi, può essere utilizzato il campionamento statico.

Qualora sia rinvenuto nei piezometri del prodotto surnatante in fase libera, occorrerà provvedere ad un campionamento selettivo del prodotto; sui campioni prelevati saranno condotti i necessari accertamenti di laboratorio necessari alla sua caratterizzazione per determinarne se possibile l'origine.

Per la caratterizzazione del suolo saturo si sono seguite le linee guida del protocollo ARPA *"Protocollo generale per l'esecuzione delle indagini di caratterizzazione e collaudo degli interventi di bonifica dei siti contaminati da parte dei soggetti obbligati, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dell'accordo di programma per il sito di interesse nazionale (SIN) Priolo"*. La caratterizzazione del suolo saturo è stata quindi predisposta solo per i due sondaggi attrezzati con il piezometro, prevedendo un campione alla base dell'acquifero e un campione intermedio per ogni 5 m di intervallo stratigrafico compreso tra la frangia capillare e la base dell'acquifero.

### Metodiche analitiche

Le attività analitiche verranno eseguite da laboratori pubblici o privati che garantiscano di corrispondere i necessari requisiti di qualità. Le metodiche analitiche applicate dovranno essere concordate tra le parti prima dell'inizio dei lavori, in fase di approvazione del piano di indagine proposto.

Sono previsti 2 sondaggi con piezometro per i quali si eseguiranno i seguenti prelievi:

<b>Indagini di caratterizzazione del suolo saturo</b>
n.1 campione alla base dell'acquifero
n.1 campione intermedio per ogni 5 m di intervallo stratigrafico compreso tra la frangia capillare e la base dell'acquifero

**Tabella 10 – Caratterizzazione del suolo saturo**

### **3.7 Sondaggi e campioni della campagna di caratterizzazione**

Di seguito si riportano i sondaggi montati sul corrispondente profilo stratigrafico desunto dai sondaggi geognostici già eseguiti nell'area e associati per ubicazione. La profondità dei sondaggi è stata definita in base alla posizione dello strato di argille marnose grigio-azzurre consistenti. Data la bassa permeabilità agli inquinanti della formazione sopra descritta si è ritenuto sufficiente garantire una lunghezza dei sondaggi stessi sino ad un approfondimento pari a 5.0 m dal tetto della formazione delle argille. Per ogni sondaggio è garantita la caratterizzazione dell'intero strato di terreno insaturo. Per ciascun sondaggio è previsto infatti il prelievo, nei primi 5 metri di terreno insaturo, di tre campioni rappresentativi della porzione

- Superficiale;
- Intermedio;
- fondo foro.

Solo nel caso di sondaggi con lo strato di soli 2.0 m di terreno insaturo è previsto il prelievo di solo 2 campioni, eliminando il prelievo intermedio perché ritenuto superfluo.

Per i sondaggi muniti di piezometro, è stata inoltre garantita la caratterizzazione dell'intero strato di terreno saturo, considerando tale strato partente dalla quota 0.0 s.l.m. Per ciascun sondaggio è previsto infatti il prelievo di 1 campione alla base dell'acquifero e di 1 campione intermedio per ogni 5 m di intervallo stratigrafico compreso tra la frangia capillare e la base dell'acquifero. In presenza di evidenze visivi e/o organolettiche di contaminazione dovranno essere prelevati ulteriori campioni.

E' prevista l'analisi di tutti i campioni prelevati fino alla profondità di 10.0 m. Qualora questi ultimi dovessero risultare contaminati si procederà con l'analisi dei campioni più profondi fino a riscontrare la totale assenza di contaminazione.

Per ogni campione è prevista la divisione in 3 aliquote, due delle quali dovranno essere opportunamente conservate.

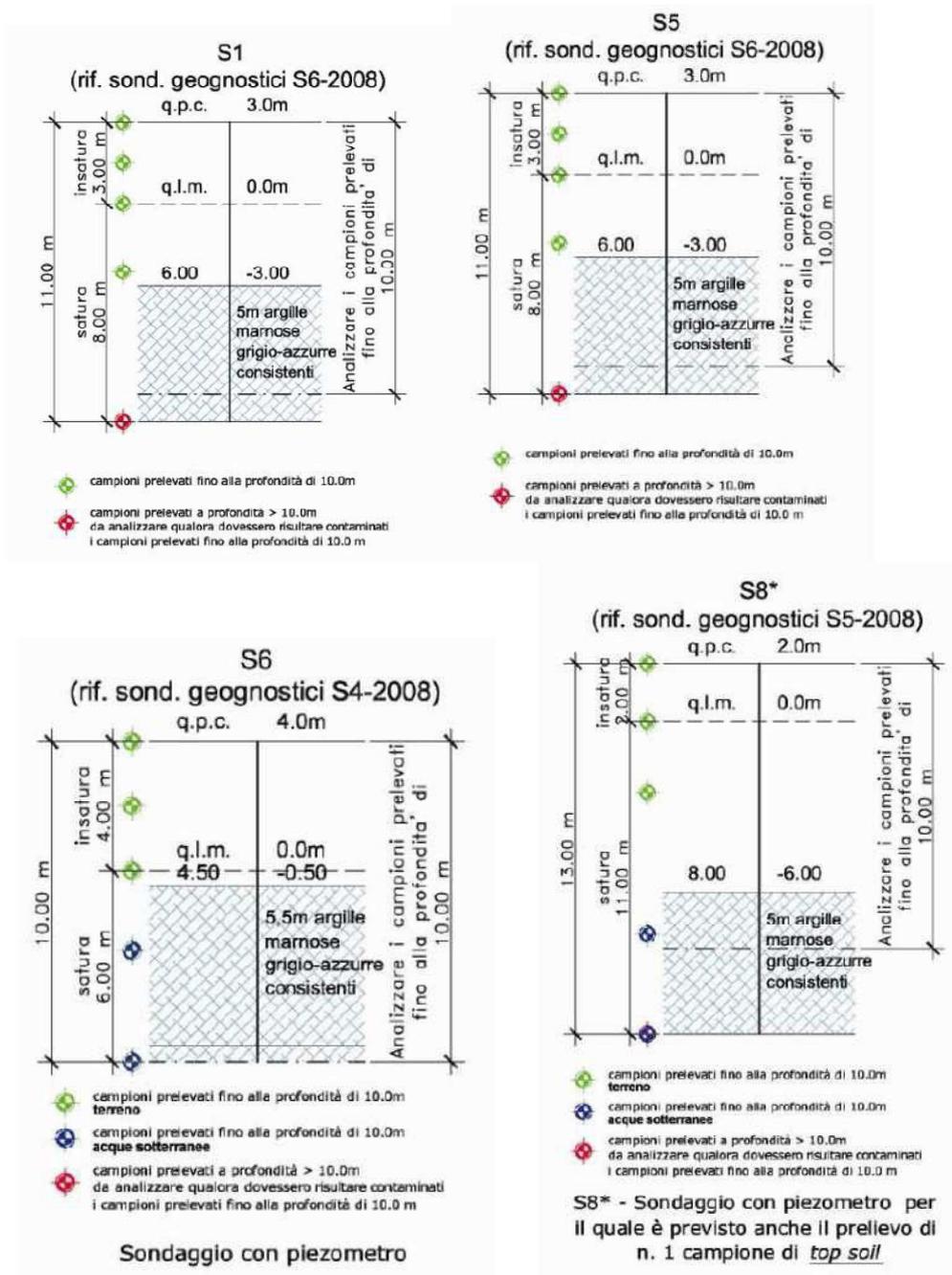
N. totale maglie 50x50	13
N. totale stazione di campionamento 50x50	13
N. totale stazioni campionamento	13
Di cui con piezometro	2
<b>Caratterizzazione suolo insaturo (media - n.3 campioni rappresentativi)</b>	
n. campioni prelevati	39
<b>Caratterizzazione suolo saturo (media - n.2 campioni rappresentativi)</b>	
n. campioni prelevati	4
Totale campioni	43
Di cui oltre i 10 metri di sondaggio (ipotesi n.1 a stazione)	2
Entro i 10 metri di sondaggio	41
Metri lineari totali di sondaggio (media di 12ml/sondaggio)	57

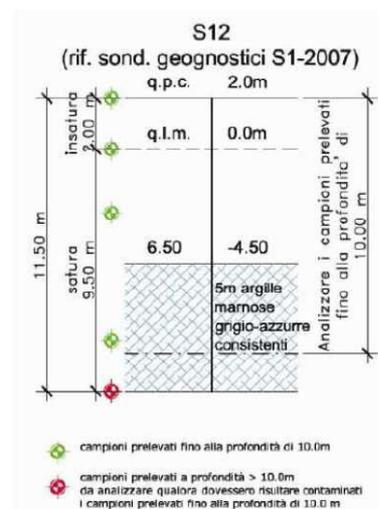
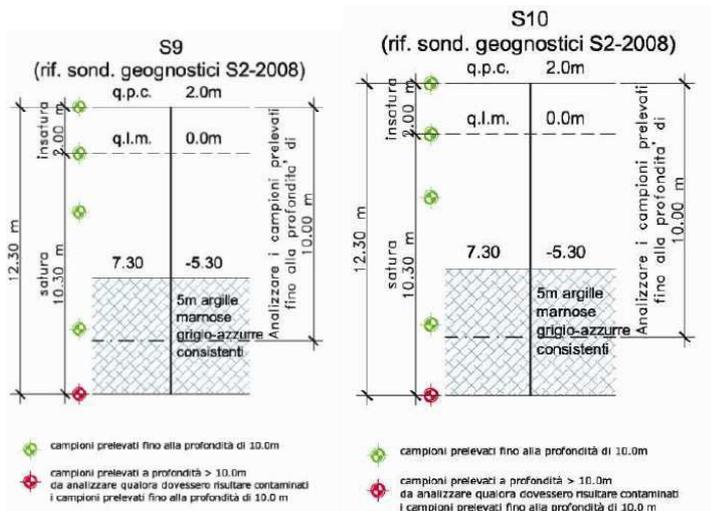
### Caratterizzazione acque

n. campioni prelevati	5
Totale campioni	5
Totale campioni da analizzare	48
Totale campioni da conservare	96

**Tabella 11 – Riepilogo piano di campionamento aree a terra (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

Di seguito si riportano i risultati dei sondaggi eseguiti sull'area oggetto di caratterizzazione sulla base dei quali è stata individuata la posizione ed il numero dei campioni da prelevare previsti (Fonte: Progetto di Fusione ed integrazione relativo alle Opere di Primo Stralcio Esecutivo, "con esclusione dell'area della marina militare" e di secondo stralcio definitivo del porto commerciale di Augusta Terza Fase – Banchina Containers – Titolo III – Elaborato 001/4):





### 3.8 Analisi chimiche

#### 3.8.1 Dei terreni

Ai fini di ottenere l'obiettivo di ricostruire il profilo verticale della concentrazione degli inquinanti nel terreno, i campioni da portare in laboratorio dovranno essere privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio dovranno essere condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi comprensiva anche dello scheletro. Le analisi chimiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte superiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

#### 3.8.2 Delle acque

Le analisi chimiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

#### Attività di controllo

Le attività di controllo da parte della Pubblica Autorità sarà soprattutto qualitativo e potrà essere realizzato durante lo svolgimento delle attività di campo, attraverso la verifica dell'applicazione delle specifiche definite nel Piano di Indagini. Le attività di campo, saranno descritte e cura del responsabile del sito, con la redazione del Giornale di Lavori, che sarà verificato e valicato dai Responsabili degli Enti preposti al controllo, potranno pertanto verificare, attraverso un sistema di controllo qualità, la corretta applicazione:

- Delle metodiche analitiche;
- Dei sistemi utilizzati;
- Del rispetto delle Buone Pratiche di Laboratorio.

Tutte le fasi operative di laboratorio, comprese le attività di controllo degli Enti Preposti, saranno descritte nel giornale lavori di laboratorio, che potrà essere verificato e valicato dai Responsabili degli stessi Enti.

La validazione dell'intero percorso analitico, dal prelievo del campione alla restituzione del dato, potrà essere eseguita dagli Enti di Controllo attraverso l'approvazione dei certificati analitici.

### 3.8.3 Set analitico nel sottosuolo e nelle acque sotterranee

E' stato scelto come "set standard" di analiti per i terreni il seguente:

<b>TERRENI</b>			
<b>n. 43 Campioni (39 insaturo, 4 saturo-argille)</b>			
<b>Determinazione analitica</b>	<b>Metodo di prova</b>		<b>Note:</b>
Residuo del seccato all'aria			Su tutti i campioni
Residuo secco (105°C)	UNI EN 14346 A 2007	UNI EN 14346 A 2007	Su tutti i campioni
Mineralizzazione	EPA 3051 A 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Alluminio	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Antimonio	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Arsenico	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Berillio	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Cadmio	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Cobalto	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Cromo	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Ferro	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Mercurio	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Nichel	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Rame	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Selenio	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Stagno	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Tallio	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Piombo	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Zinco	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Vanadio	EPA 6020a 2007	EPA 3051 A 2007 + EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
IPA Speciazione Acenafte, Naftalene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(j)fluorantene, Benzo(a)pirene, Benzo(e)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Acenafilene	epa 3580a/92 + EPA3640A/94+ EPA 8270D/	EPA3545 A 2007+ EPA8270 D 2007	Su tutti i campioni
Solventi Organici Aromatici (BTEX)	EPA5035A02 + EPA8260C/06	EPA 8015 D/2003 + EPA 5021A 2003	Su tutti i campioni
Idrocarburi C<12	EPA 5021A 2003 + EPA 8015D2003	EPA 8015 D/2003 + EPA 5021A 2003	Su tutti i campioni
Idrocarburi C>12	EPA3540C/96 + EPA80158D/03	EPA 3545A/2007 + EPA 8015 D 2003	Su tutti i campioni
Pesticidi organoclorurati Speciazione DDD, DDT, DDE, Cio-clorano, Trans-clorano, Aldrin, Dieldrin, Endrin, α-esaclorocicloesano, β-esaclorocicloesano, γ-esaclorocicloesano, Eptocloro, Eptocloro epossido	EPA 3580A/1992 + EPA 3640A/1994 + EPA 8081A/1994	EPA 3545A/2007 + EPA 8270D 2007	Sul tutti i campioni
Alifatici clorurati cancerogeni, Alifatici clorurati NON	EPA 5035A02+EPA8260C/96	EPA 5035A/2002 + EPA 8260 C/2006	Su tutti i campioni

cancerogeni, Alifatici clorurati cancerogeni 1,1 Dicloroetano, 1,1 Dicloroetilene, 1,1,1, Tricloroetano, 1,1,2, Tricloroetano, 1,1,2,2 Tetracloroetano, 1,2 Dibromoetano, 1,2 Dicloroetilene, 1,2 Dicloropropano, 1,2 Dicloroetano, 1,2,3 Tricloropropano, Bromodichlorometano, Clorometano, Cloruro di Vinile, Dibromoclorometano, Diclorometano, Tetracloroetilene, Tribromometano, Tricloroetilene, Triclorometano			
Esaclorobenzene	EPA 3580A/92+EPA3640A/94+EPA8270/	EPA3545A/2007 + EPA8270D/07	Sul tutti i campioni
Clorobenzeni	EPA 3580A/92+EPA3640A/94+EPA8270/	EPA3545A/2007 + EPA8270D/07	Su tutti i campioni
MTBE	EPA 5035A02+EPA8260C/06	EPA 8015 D/2003 + EPA 5021 A 2003	Sul tutti i campioni

<b>TOP SOIL (2 campioni)</b>	
PCB	EPA 1613B 1994
Diossine e Furani	EPA 1613B 1994
Amianto	DM 6/09/94

**Tabella 12a – Set di analiti standard per le analisi dei terreni nella caratterizzazione della parte a terra**

I metodi di prova indicati non sono esaustivi, ma solo indicativi di alcune metodiche applicate e ufficialmente riconosciute/accreditate

E' stato scelto come "set standard" di analiti per le acque di falda il seguente:

<b>Acque di falda n. 5 campioni</b>			
<b>Determinazione analitica</b>	<b>Metodo di prova</b>		<b>Note:</b>
Residuo del seccato all'aria			Su tutti i campioni
Residuo secco (105°C)	UNI EN 14346 A 2007	POC_04/2003	Su tutti i campioni
Mineralizzazione		EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Alluminio	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Antimonio	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Argento	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Arsenico	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Berillio	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Cadmio	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Cobalto	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Cromo	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Cromo VI	EPA 7199	IRSA CNR quad 64 1986 met 16	Su tutti i campioni
Ferro	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Manganese	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Mercurio	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Nichel	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Piombo	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Rame	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Selenio	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Stagno	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Tallio	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Vanadio	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
Zinco	EPA 200,8/94	EPA 6010C/2007	Su tutti i campioni
IPA Speciazione Acenafene, Naftalene, Fluorene,	EPA 3510C/96 + EPA 8015D/07	APAT IRSA CNR 5080 man.29 2003	Su tutti i campioni

Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(j)fluorantene, Benzo(a)pirene, Benzo(e)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Acenafilene			
Solventi Organici Aromatici (BTEX)	EPA 5030C2003 + EPA 8260C2006	EPA 5021 A/2003 + EPA 8260 B/96	Su tutti i campioni
Idrocarburi Totali	EPA 5030C2003 + EPA 8015D2003	EPA 5021A/2003 + EPA 8260C/2006	Su tutti i campioni
FITOFARMACI Speciazione DDD, DDT, DDE, Cio-clorano, Trans-clorano, Aldrin, Dieldrin, Endrin, $\alpha$ -esaclorocicloesano, $\beta$ -esaclorocicloesano, $\gamma$ -esaclorocicloesano, Eptocloro, Eptocloro epossido	EPA 3580A/1992 + EPA 3640A/1994 + EPA 8081A/1994	ISTISAN 07/31 - ISS. CAC. 015	Su tutti i campioni
Fluoruri	UNI EN ISO 10304-1:99	EPA 4020	Su tutti i campioni
Cianuri	ASTM D 2036:2009	UNICHIM 2251	Su tutti i campioni
Alifatici clorurati cancerogeni, Alifatici clorurati NON cancerogeni, Alifatici clorurati cancerogeni 1,1 Dicloroetano, 1,1 Dicloroetilene, 1,1,1, Tricloroetano, 1,1,2, Tricloroetano, 1,1,2,2 Tetracloroetano, 1,2 Dibromoetano, 1,2 Dicloroetilene, 1,2 Dicloropropano, 1,2 Dicloroetano, 1,2,3 Tricloropropano, Bromodichlorometano, Clorometano, Cloruro di Vinile, Dibromoclorometano, Dichlorometano, Tetracloroetilene, Tribromometano, Tricloroetilene, Triclorometano	EPA 5030C2003 + EPA 8260C2006	EPA 5030 B/96 + EPA 8260 B/96	Su tutti i campioni
Esaclobenzene	EPA 3510C/96 + EPA 8015D/07	ISTISAN 07/31 - ISS. CAC. 015	Su tutti i campioni

**Tabella 13b – Set di analiti standard per le analisi delle acque di falda nella caratterizzazione della parte a terra**

#### 4 Piano di monitoraggio delle acque marine

In accordo con ISPRA e ARPA Sicilia, prima dell'inizio dei lavori, dovrà essere effettuato il monitoraggio delle acque marine ante operam, in fase di realizzazione e post operam, ai sensi del DL 152/2006.

##### 4.1 Normativa di riferimento

Tutte le attività strumentali di rilevamento dei dati in campo e di elaborazione statistica dei dati relativi alle attività di cui al presente capitolato dovranno essere effettuate secondo la pertinente normativa nazionale (elencata in modo non esclusivo nel presente paragrafo) ed in accordo con le pertinenti norme tecniche nazionali ed internazionali (UNI, CNR, ISO, ASTM, USEPA, ecc). I laboratori che svolgeranno le attività descritte dovranno essere accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 per le principali prove previste del presente paragrafo.

- CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque: “Metodi Analitici per le Acque”, 1979;
- D.P.R. 03.07.1982 n. 515: “Attuazione della Direttiva (CEE) n.75/440 concernente la qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile”;
- Decreto 15.02.1983 “Disposizioni relative ai metodi di misura, alla frequenza dei campionamenti e delle analisi delle acque superficiali destinate all’approvvigionamento potabile”;
- D.L. 25.01.1992 n. 130: “Attuazione della direttiva CEE n. 78/659 sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci”;
- D.P.R. 08.06.1982 n. 470: “Attuazione della direttiva CEE n. 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione”;
- Decreto Legislativo 11.05.1999 n. 152: “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676 CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”;
- Decreto Legislativo 20.08.2002, n. 190: “Attuazione della legge 21.12.2001 n. 443 per la realizzazione delle infrastrutture e degli insediamenti produttivi strategici e di interesse nazionale”;
- Decreto Legislativo del 02.02.02 n. 27: “Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 02.02.2001 n. 31, recante attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano”;
- Decreto Legislativo del 02.02.2001 n. 31: “Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano”;
- Decreto Legislativo del 18.08.2000 n. 258: “Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11.05.1999 n. 152, in materia di tutela delle acque di inquinamento, a norma dell’art. 1, comma 4, della legge 24.04.1998 n. 128”;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 04.03.1996: “Disposizioni in materia di risorse idriche”.

##### 4.2 Principali caratteristiche geomorfologiche

Dal punto di vista morfologico il settore costiero in esame si configura come una successione di blandi promontori più rigidi con presenza di depositi pleistocenici calcarenitici e argillosi, separati da falcate di spiaggia recente ed attuale; in corrispondenza delle falcate sabbiose sono localizzati alcuni corsi d’acqua quali, da nord a sud il F. Mulinello, il F. Marcellino ed il Fosso Cantera. Ai lati della foce del Fiume Mulinello, a sud dell’area in esame, sono presenti delle saline abbandonate, mentre nell’area a mare della foce sono presenti delle barre sabbiose che testimoniano una limitata azione del moto ondoso. Tutto il settore del Porto di Augusta si configura come un bacino chiuso, delimitato da dighe foranee che raccordano il settore meridionale di Punta Girotta fino all’isola dell’abitato di Augusta; sono presenti 3 zone di comunicazione fra il bacino interno ed il mare esterno. Questa condizione determina nel bacino interno limitate dinamiche meteomarine sia con riferimento al moto ondoso che alle dinamiche delle correnti sottocosta.

Queste condizioni determinano una dinamica delle spiagge di sostanziale stabilità, con assenza di fenomeni di erosione e arretramento. Per quanto riguarda il corso d’acqua del Mulinello, a sud dell’area in esame, questo, da studi geologici recenti (Trombatore B. R. & Magro M., 2003) presenta un andamento localmente meandrificato ed una foce che non ha subito apprezzabili variazioni morfologiche, che testimoniano l’assenza di significativi apporti di piena ed una sostanziale stabilità legata anche alle limitate azioni di corrente e del moto ondoso.

### **4.3 Componente vegetazione, flora e fauna marine\* (estratto dalla relazione del Q.R. Ambientale della Valutazione di Impatto Ambientale)**

#### **4.3.1 Inquadramento geografico e territoriale-amministrativo**

L'area in esame ricade nel territorio della Provincia di Siracusa localizzandosi, più precisamente, nella parte settentrionale del Golfo di Augusta, sulla costa orientale della Sicilia, 15 km a Nord di Siracusa. E' delimitata a Nord-Est dalla penisola del M. Tauro, che si estende da Capo Campolato a Punta d'Izzo, a Sud dalla penisola Magnisi, ad Est dal Mar Ionio e ad Ovest dalle estreme propaggini orientali dei Monti Iblei.

L'area di progetto in senso più stretto (circa 550 ha di superficie) coincide con il Porto Megarese, compreso tra la foce del Fiume Mulinello, ad Ovest e l'abitato di Augusta, ad Est.

E' importante sottolineare che l'area di progetto rientra nel "sito di Priolo", uno dei 15 siti inquinati di interesse nazionale (individuati dalla L. 426/98) che sono oggetto del "Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale", approvato con DM n. 468/2001. Tale programma prevede, per il sito di Priolo, la seguente tipologia di intervento: "bonifica e ripristino ambientale di aree industriali ed area marina antistante, bonifica area umida, bonifica discariche".

Inoltre, i territori comunali di Augusta, Priolo, Melilli, Siracusa, Floridia e Solarino sono stati dichiarati, nel novembre del 1990, "Area di elevato rischio di crisi ambientale" e con DPR 17 gennaio 1995 è stato approvato il "Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio della Provincia di Siracusa – Sicilia Orientale".

#### **4.3.2 Metodologia**

L'analisi e la valutazione della componente floro-vegetazionale nell'area interessata dal progetto sono state effettuate attraverso le seguenti fasi operative:

- analisi ed interpretazione delle foto aeree, per una prima individuazione delle principali tipologie di uso del suolo;
- ricerca bibliografica, per raccogliere eventuali informazioni specialistiche sulla vegetazione dell'area;
- indagini sul campo, per la caratterizzazione delle tipologie vegetazionali presenti e la valutazione del loro stato di conservazione;
- identificazione degli impatti dell'opera sulla componente floro-vegetazionale, sia in fase di costruzione che in fase di esercizio;
- identificazione degli interventi di mitigazione e/o compensazione;
- relazione finale, per illustrare i risultati delle analisi condotte e delle valutazioni effettuate, nonché gli interventi di mitigazione previsti.
- L'analisi e la valutazione della componente faunistica nell'area interessata dal progetto sono state effettuate attraverso le seguenti fasi operative:
- analisi ed interpretazione delle foto aeree, per una prima individuazione delle principali tipologie di uso del suolo (così come effettuato per la vegetazione);
- ricerca bibliografica, per raccogliere eventuali informazioni specialistiche sulla fauna dell'area;
- osservazioni dirette sul campo, per la caratterizzazione delle tipologie ambientali presenti e la valutazione del loro stato di conservazione;
- analisi di materiale detritico-biologico raccolto lungo la linea di costa (profondità max – 0,5 m);
- identificazione degli impatti dell'opera sulla componente faunistica, sia in fase di costruzione che in fase di esercizio;
- identificazione degli interventi di mitigazione e/o compensazione;
- relazione finale, per illustrare i risultati delle analisi condotte e delle valutazioni effettuate, nonché gli interventi di mitigazione previsti.

Sia per gli aspetti vegetazionale-floristici che faunistica sono stati esaminati sia gli ambiti marino che terrestre.

#### **4.3.3 La vegetazione**

Attraverso l'analisi dei dati disponibili e il sopralluogo effettuato sul campo si è potuto verificare lo stato attuale della componente floristico-vegetazionale marina. I fondali presenti nell'area di progetto sono di tipo melmoso e non ospitano alcuna fitocenosi di rilievo.

La presenza di macroalghe verdi a ridosso della linea costiera, osservata durante i sopralluoghi, è indice di elevata eutrofizzazione delle acque (vedi foto seguente).



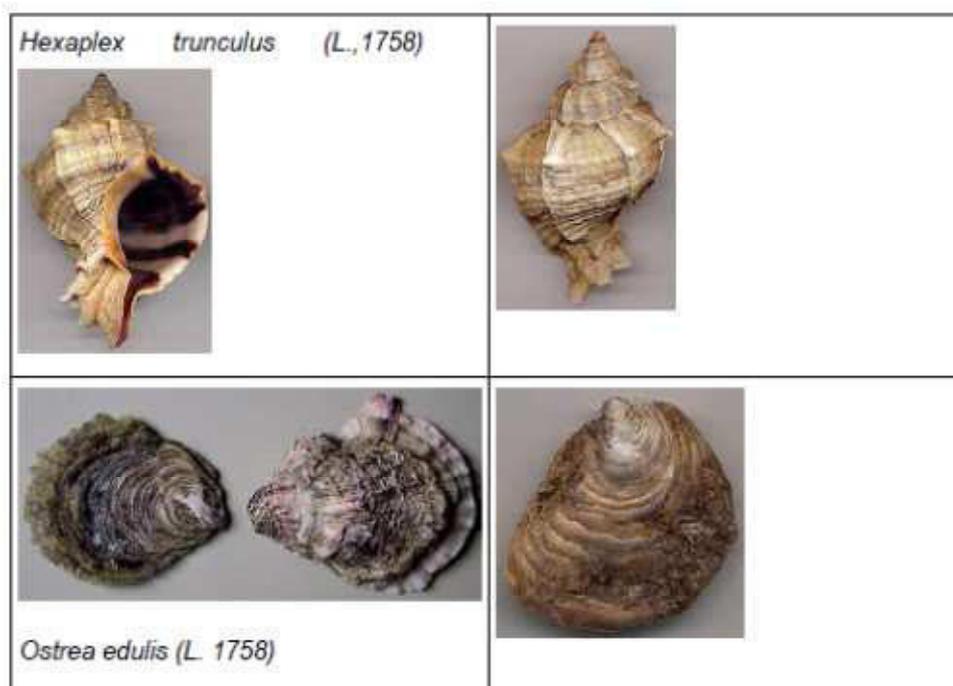
Per quanto concerne gli elementi di pregio, in particolare non si rilevano praterie di Fanerogame marine quali la posidonia (*Posidonia oceanica*).

La situazione riscontrata è da porre senz'altro in relazione con l'utilizzazione di questo specchio marino come area portuale, il che ha comportato e continua a comportare profonde e pesanti modifiche delle condizioni ambientali, sia chimico-fisiche che biologiche. L'estrema povertà riscontrata a livello di comunità vegetali è al tempo stesso una conseguenza e un indicatore dell'intensità di queste alterazioni. A conferma di ciò si riporta il dato, fornito da testimoni privilegiati, che segnala la presenza di posidonieti nelle aree esterne al Porto commerciale di Augusta, distanti dalla fonte di impatti rappresentata dalle attività portuali.

#### **4.3.4 La fauna**

Attraverso l'analisi dei dati disponibili e i sopralluoghi effettuati sul campo si è potuto verificare lo stato attuale della componente faunistica marina. I fondali presenti nell'area di progetto sono di tipo melmoso e non ospitano alcuna biocenosi di rilievo (Baschieri Salvatori, 1970; Della Croce et al., 1997). Dall'esame del materiale biologico emerge una composizione animale caratteristica di ambienti costieri in uno stato di sufficiente conservazione ambientale ma di scarso valore faunistico. La presenza, nel detrito litoraneo, di murici freschi (*Hexaplex trunculus*) e ostriche (*Ostrea edulis*) (vedi foto) è indice di una discreta qualità delle acque antistanti il litorale e di una strutturata ma semplificata rete ecologica a più livelli trofici.

Tra i gasteropodi sono stati raccolti esemplari spiaggiati di *Bittium* e *Cerithium rupestre*. Tra i bivalvi, comuni in ambiente sabbioso-melmoso, sono stati raccolti esemplari spiaggiati di *Tapes decussatus* (la vongola comune) e *Cerastoderma edule* (cuore edule) (in foto).



Anche in questo caso, la situazione riscontrata è da porre in relazione con l'utilizzazione di questo specchio marino come area portuale, il che ha comportato e continua a comportare profonde e pesanti modifiche delle condizioni ambientali, sia chimico-fisiche che biologiche. In particolare a causa delle basse profondità l'intenso passaggio di navi è causa di rimescolamenti dei substrati melmosi che non permettono lo stabilizzarsi di complesse comunità bentoniche da cui la presenza di organismi filtratori e di piccoli predatori lungo la linea costiera. L'estrema povertà riscontrata a livello di comunità vegetali e animali è al tempo stesso una conseguenza e un indicatore dell'intensità di queste alterazioni.

#### 4.3.5 Individuazione degli impatti

Coerentemente con quanto espresso nei paragrafi precedenti, circa lo stato attuale dei fondali e delle acque marine, non si può parlare di criticità vegetazionali e faunistiche in senso stretto, poiché non si sono riscontrati elementi di pregio particolare.

#### 4.4 Analisi del moto ondoso nell'area di progetto

Questo paragrafo è tratto dallo studio integrativo "Studio su modelli matematici ante e post operam della costruzione della banchina sul PSIC/ZPS "Saline di Augusta" - Integrazioni VIA. Sono state effettuate, mediante elaborazioni numeriche eseguite con l'impiego di softwares specifici, le analisi della propagazione del moto ondoso con modello di rifrazione, shoaling, attrito, operante su batimetria reale, e definizione del campo di moto ondoso locale in condizioni tipiche, rispettivamente nelle seguenti condizioni.

1. ante costruzione opere di difesa foranee
2. attuale
3. con attuazione dell'opera oggetto di valutazione d'impatto

Attraverso la loro lettura comparata è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- a) nell'attuale condizione, l'intercettazione, pressoché totale, dell'energia meteo-marina incidente da parte delle opere di difesa foranee, ha ormai totalmente inibito la normale azione di distribuzione e modellazione del sedimento lungo il segmento costiero in attenzione ad opera dei moti ondosi. Questo aspetto, oltre che sulla distribuzione incide significativamente anche sulla disaggregazione del materiale di apporto che, nel passato, in assenza delle opere foranee, subiva la normale azione di selezione granulometrica con conseguente deposito delle granulometrie di maggiori dimensioni in prossimità della linea di battaglia, e allocazione di quelle minori, via via fino ai limi, a

profondità maggiori man mano in funzione della progressiva riduzione dell'azione di trascinamento sul fondo indotte dalle agitazioni di superficie.

- b) In tale situazione, ovvero dopo il confinamento della massa d'acqua determinato dalla costruzione della diga foranea, il livello di ricambio idrico nella rada, garantito originariamente dall'azione dei moti ondosi, ha subito un drastico abbattimento e risulta oggi sostanzialmente limitato a quello assicurato dagli scambi di marea.

#### **4.5 Mobilità dei sedimenti**

Come desumibile dal raffronto tra la cartografia storica reperita e quella aggiornata, l'assetto del segmento costiero compreso tra l'opera in esame e l'abitato, non ha subito, nell'arco di un secolo, trasformazioni naturali di alcun rilievo. E ciò è perfettamente coerente con il fatto che, come dimostrato dalle elaborazioni prodotte, fin dalle sue origini, il sito è interessato da insignificanti accessi energetici del moto ondoso con conseguente spiccata stabilità sia della linea di battigia, che delle batimetrie dello specchio acqueo antistante.

#### **4.6 Ricambi idrici**

##### **4.6.1 Variazioni di livello per effetto del fenomeno ciclico delle maree**

In prima approssimazione, nel Mediterraneo, la marea può essere considerata un'onda estesa, di lunghezza eguale alla semicirconferenza terrestre, e periodo di 12 ore 25 min. L'ampiezza effettiva del livello del mare dipende inoltre da fenomeni meteorologici per nulla legati alle maree, ma che ne esaltano gli effetti. In particolare si tratta degli effetti del vento (soffiando verso la costa innalza il livello del mare sui litorali, soffiando verso il largo abbassa il livello presso i litorali) nonché di differenziali di pressione atmosferica tra il mare aperto e la zona costiera. E' evidente che, in corrispondenza delle variazioni di livello della superficie del mare, un'ingente massa d'acqua acceda al bacino portuale attraverso i due varchi presenti nella diga foranea distribuendosi all'interno secondo direttrici e flussi che risultano leggibili nella rappresentazione, ricavata da modello numerico.

##### **4.6.2 Agitazioni associate ai settori di traversia del paraggio**

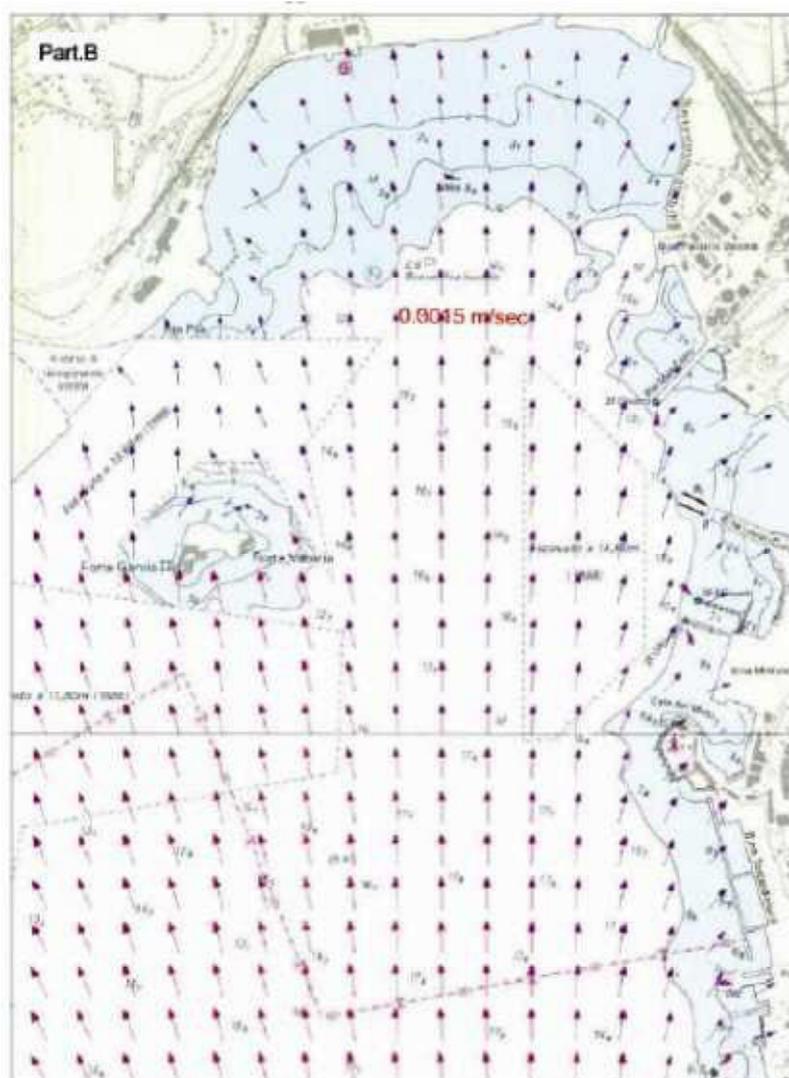
Le agitazioni di entità significativa, incidendo sulle opere di difesa, agiscono secondo due distinti meccanismi:

- da un lato si ha un accesso di correnti legate ai meccanismi di diffusione della quota di energia che accede al bacino portuale attraverso i varchi della diga;
- dall'altro il sopralzo di tempesta (set-up) del livello medio del mare, che si determina in prossimità della costa, genera un afflusso di massa liquida all'interno del bacino portuale che si distribuisce secondo un modello analogo a quello analizzato per le maree. Va comunque evidenziato che la porzione significativa di entrambi questi fenomeni si esaurisce sostanzialmente in un intorno limitato dei varchi stessi, per cui non vengono ulteriormente approfonditi i loro effetti per il ricambio idrico.

##### **4.6.3 Apporti di acqua dal bacino conferente sotteso dal segmento costiero della rada**

Nel bacino portuale conferiscono tre corsi d'acqua (Mulinello, Marcellino, Cantera) e, parallelamente, le portate del sistema freatico. Queste portate pur valutate complessivamente su base annua non risultano comunque confrontabili neanche con le masse liquide poste in gioco da un singolo evento di marea. Anche i loro riflessi sulla genesi di spostamenti di masse liquide per la fisiologica normalizzazione delle concentrazioni saline sono, con ogni evidenza, di intensità ed incidenza assolutamente trascurabile.

Non si ritengono quindi oggettivamente di alcuna significatività ai fini della valutazione dei ricambi idrici. L'aspetto non verrà perciò ulteriormente approfondito.



**Figura 17 – Analisi di dettaglio dell'agitazione interna e delle correnti di marea per l'ambito portuale  
oggetto dell'intervento**

#### **4.7 Strategia di campionamento delle acque marine**

Il monitoraggio delle acque marine si divide in 3 fasi. In tutte e tre le fasi è previsto l'installazione di un ondametro/correntometro.

##### **4.7.1 MONITORAGGIO FASE 1 – Caratterizzazione ante operam**

Da eseguirsi almeno 2 volte nella settimana precedente l'inizio delle attività nelle 4 stazioni fisse individuate nel progetto. Consiste:

- nel rilevamento con sonda multiparametrica di tutti i parametri chimico-fisici dell'acqua marina antistante l'area di realizzazione delle opere a mare da stazioni fisse, in particolare il rilevamento dei profili verticali di:
  - Temperatura
  - pH
  - Salinità
  - Conducibilità
  - Ossigeno disciolto
  - Potenziale Redox

- Clorofilla "A"
- Torbidità
- nell'esecuzione di analisi chimico/fisiche su **campioni superficiali e profondi** per la determinazione dei seguenti parametri:
  - Solidi sospesi;
  - Metalli ed elementi in tracce (As, Cd, Cr tot, Hg, Ni, Pb, Al, Fe, V, Cu, Zn);
  - Idrocarburi Policiclici Aromatici, Idrocarburi pesanti C>12, HCB;
  - Idrocarburi leggeri C<12 e microbiologia;
- nella valutazione della qualità delle acque in relazione ai risultati degli analiti dal piano di caratterizzazione dei sedimenti marini

Di seguito è riportato il numero ed il posizionamento delle stazioni di campionamento

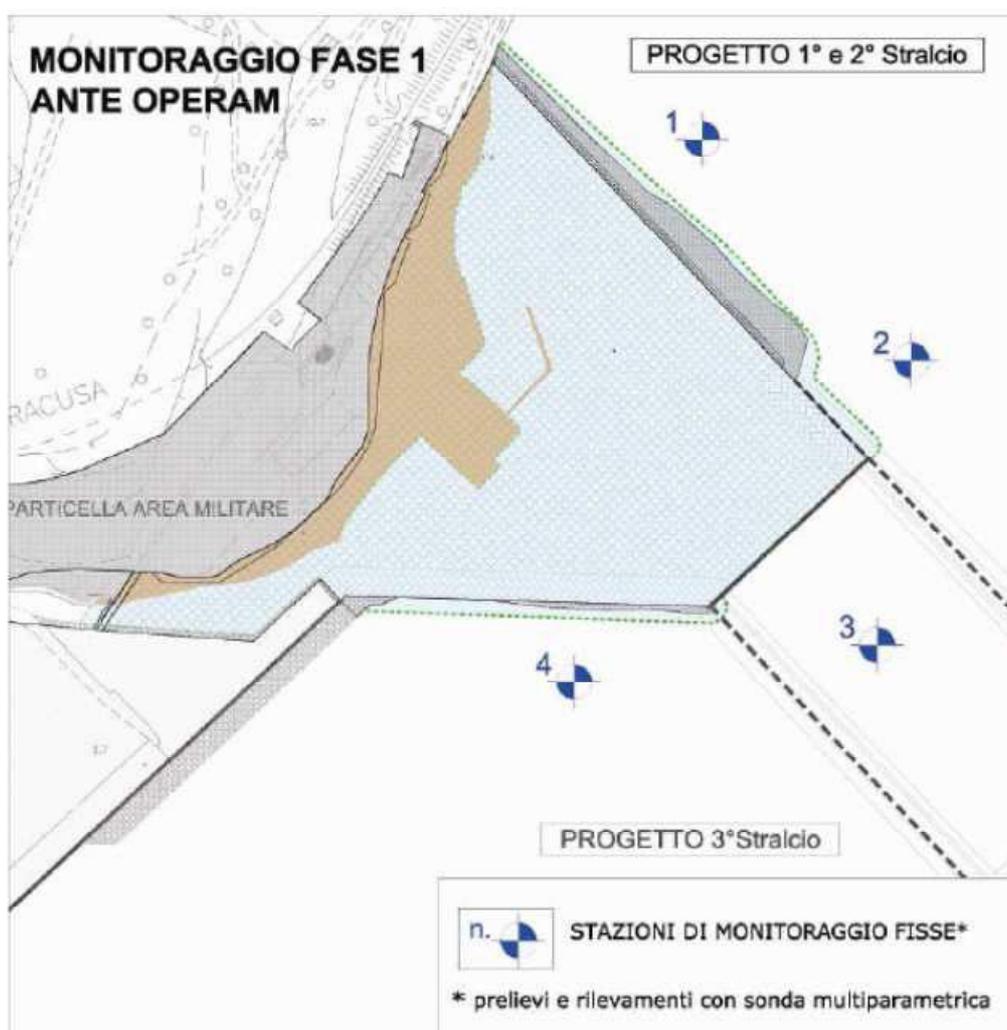


Figura 18 – Posizione delle stazioni di monitoraggio ante operam

SCHEMA DI STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO ANTE OPERAM DELLE STAZIONI FISSE	
Instal. n. 1 ondametro/correntometro (tutta durata lavori)	1
Stazioni di campionamento fisse	4
N. rilevamenti in sito con sonda multiparametrica	1
N. prelievo campioni per analisi (superficiale/profondo)	2
Totale prelievi e analisi di laboratorio	8
Frequenza settimanale	2
Numero complessivo rilevamenti con sonda	8
Numero complessivo prelievi e analisi di laboratorio	16

**Tabella 14 – Piano di monitoraggio delle acque – Campionamento Ante operam (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

Verranno rilevati per ogni stazione i dati fisico-chimici in situ con una sonda multiparametrica, e verrà effettuato il prelievo di campioni per le analisi chimiche e microbiologiche da effettuarsi in laboratorio secondo le modalità descritte di seguito.

#### 4.7.2 MONITORAGGIO FASE 2 – In fase di costruzione

Tale monitoraggio deve essere eseguito durante l'intera durata della realizzazione delle opere, diversificando le frequenze e i punti di misura in funzione delle lavorazioni previste e del rischio di impatto sulla componente acque marine.

In particolare è necessaria per la verifica di impatto durante i dragaggi che vengono realizzati nelle FASI 1, 5, 8 e 9 del cronoprogramma dei lavori e nelle altre fasi costruttive, che richiedono frequenze diverse, (giornaliera, settimanale, bimensile e mensile) dei vari tipi di rilevamenti in relazione al grado di impatto delle singole attività rispetto alla componente.

Alle fasi di dragaggio sono state assegnate le frequenze più alte:

- Giornaliera – rilevamento della colonna d'acqua con la sonda multiparametrica

Alle fasi 10-11-12-13 nelle quali vengono realizzati i pali del banchinamento vengono assegnate le frequenze settimanali.

La frequenza **bimensile** è stata associata alle fasi nelle quali è prevista l'esecuzione di riempimenti a mare, mentre quella **mensile** alle rimanenti fasi nelle quali si realizzano i piazzali a terra, gli impianti, le pavimentazioni e le finiture.

#### FASE 2 – Durante le attività di movimentazione dei fondali - FASI 1,5,8 e 9 del cronoprogramma dei lavori

Da eseguirsi nelle 4 stazioni fisse individuate nel progetto già utilizzate nell'ante-operam e nelle 3 stazioni mobili che seguono il dragaggio posizionate appena al di fuori delle panne galleggianti di contenimento. Consiste:

- **nel rilevamento giornaliero con sonda multiparametrica** di tutti i parametri chimicofisici dell'acqua marina antistante l'area di realizzazione delle opere a mare da stazioni fisse, in particolare il rilevamento dei profili verticali di:
  - Temperatura
  - pH
  - Salinità
  - Conducibilità
  - Ossigeno disciolto
  - Potenziale Redox
  - Clorofilla "A"
  - Torbidità
- Nel caso di incremento significativo del valore della torbidità al di fuori delle panne galleggianti, dovranno essere interrotte tempestivamente le attività, avvertiti gli organi tecnici, ARPA Sicilia ed ISPRA, e prelevati campioni d'acqua per la verifica analitica delle sue caratteristiche chimiche, finalizzata al ripristino delle attività di cantiere.

FASE 2 – In fase di costruzione ad esclusione delle FASI 1,5,8,9 del cronoprogramma

Da eseguirsi nelle 4 stazioni fisse individuate nel progetto già utilizzate nell'ante-operam. Consiste:

- **nel rilevamento settimanale/bimensile/mensile\* con sonda multiparametrica** di tutti i parametri chimico-fisici dell'acqua marina antistante l'area di realizzazione delle opere a mare da stazioni fisse, in particolare il rilevamento dei profili verticali di:
  - Temperatura
  - pH
  - Salinità
  - Conducibilità
  - Ossigeno disciolto
  - Potenziale Redox
  - Clorofilla "A"
  - Torbidità

Di seguito è riportato il numero ed il posizionamento delle stazioni di campionamento

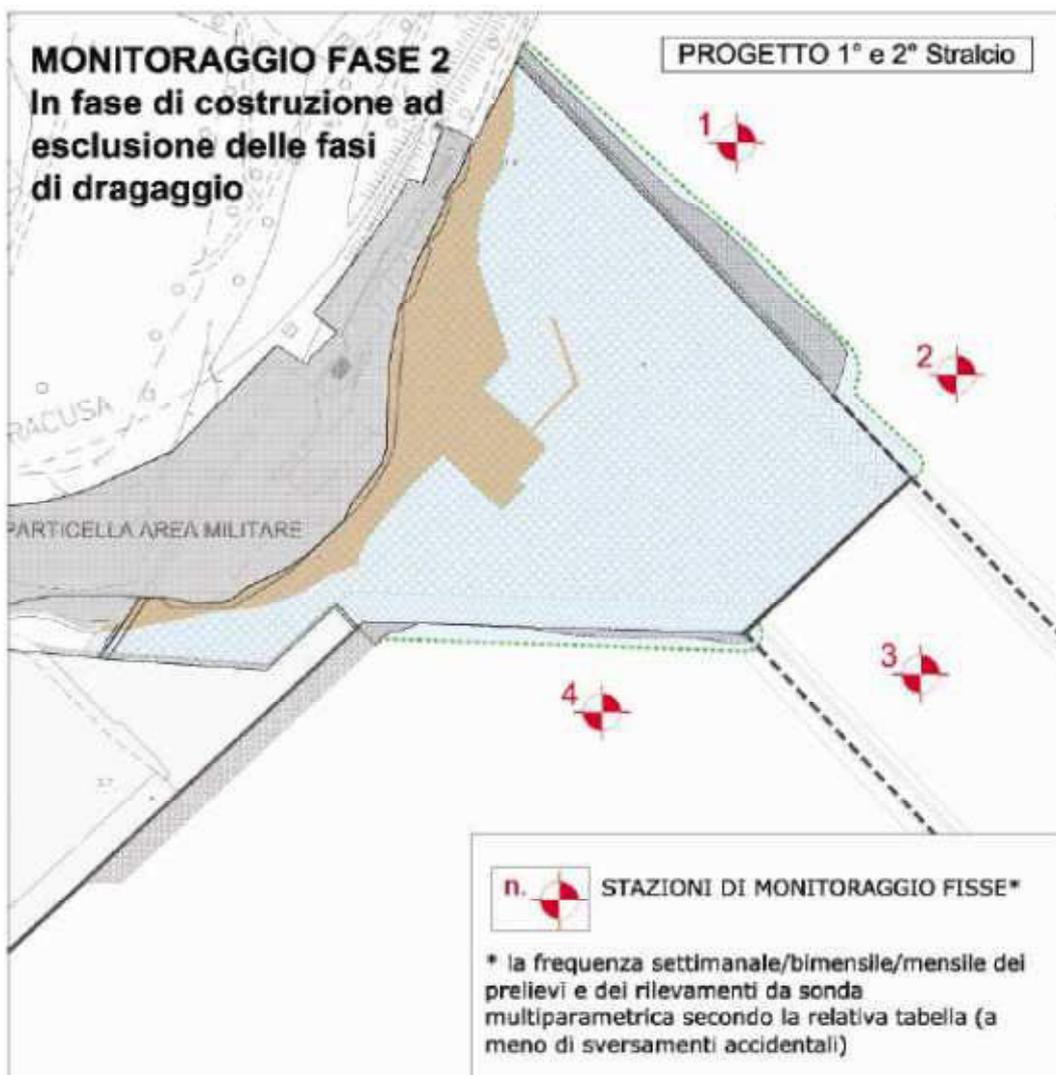


Figura 19 – Posizione delle stazioni di monitoraggio in corso d'opera

Verranno rilevati per ogni stazione i dati fisico-chimici in situ con una sonda multi-parametrica con le frequenze necessarie all'individuazione degli impatti sulle acque marine in fase di costruzione, come descritto nella seguente tabella.

<b>FASE</b>	<b>TIPOLOGIA DEI LAVORI</b>	<b>FREQUENZA DEI RILEVAMENTI</b>
1	<i>Dragaggio aree a mare n. 22/23/24 e verifica dei fondali dragati</i>	Giornaliera
2	<i>Impianto cantiere e realizzazione pista di collegamento nelle aree 22/23/24</i>	Bimensile
3	<i>Prosecuzione impianto cantiere ed esecuzione demolizioni e disboscamenti</i>	Bimensile
4	<i>Infissione palancole metalliche nelle aree di Primo e Secondo Stralcio</i>	Bimensile
5	<i>Dragaggio H max 1 metro nelle aree del Primo Stralcio e verifica dei fondali dragati</i>	Giornaliera
6	<i>Inizio esecuzione scogliera nord, realizzazione di parte dei piazzali fino a quota +0,30 m</i>	Bimensile
7	<i>Completamento scogliera Nord e realizzazione di parte dei piazzali fino a quota +1,87 m</i>	Bimensile
8	<i>Dragaggio H max 1 metro nelle aree in cui verranno realizzati li impalcati</i>	Giornaliera
9	<i>Completamento Dragaggio H max 1 metro nelle aree in cui verranno realizzati li impalcati, verifica dei fondali dragati</i>	Giornaliera
10	<i>Prosecuzione riempimenti a mare e inizio esecuzione pali trivellati da mare</i>	Settimanale
11	<i>Completamento riempimenti aree di Primo stralcio, inizio riempimenti aree secondo stralcio, esecuzione pali trivellati da mare</i>	Settimanale
12	<i>Riempimento vasca aree secondo stralcio, esecuzione pali trivellati da mare ed inizio pali trivellati da terra, inizio costruzione prefabbricati, inizio esecuzione scogliera area impalcati</i>	Settimanale
13	<i>Completamento pali trivellati da mare, esecuzione pali trivellati da terra, esecuzione scogliera zona impalcati, riempimento vasca aree secondo stralcio, inizio esecuzione rilevati di precarica</i>	Settimanale
14	<i>completamento pali trivellati da terra, completamento rilevato a quota +0,30 metri, completamento scogliera area impalcati, esecuzione rilevati di precarica, esecuzione sovrastrutture di banchina</i>	Bimensile
15	<i>parziale completamento dei banchinamenti, completamento riempimenti fino a quota +1,87 metri, esecuzione impianti e canaletta drenaggio dei piazzali, inizio realizzazione pavimentazione in c.a.</i>	Bimensile
16	<i>Completamento banchinamenti e pavimentazioni, installazione cabina elettrica, realizzazione viabilità asfaltata, installazione recinzione mobile, dismissione strutture di cantiere.</i>	Mensile

**Tabella 15 – Piano di monitoraggio delle acque – Associazione alle varie fasi esecutive della frequenza dei rilevamenti con sonda multi-parametrica**

La seguente tabella riepiloga numero e frequenza dei rilevamenti in corso d'opera.

<b>SCHEMA DI STRATEGIA DI RILEVAMENTO IN CORSO D'OPERA DELLE STAZIONI FISSE</b>	
<b>Instal. n. 1 ondametro/correntometro (tutta durata lavori)</b>	<b>1</b>
Stazioni di campionamento fisse	4
N. rilevamenti in sito con sonda multiparametrica	1
N. prelievo campioni per analisi (superficiale/profondo)	2
<b>Corso d'opera - Fase 1 – 5 – 8 – 9 - Dragaggio</b>	
Totale giorni lavorativi	86
Frequenza di rilevamento	giornaliera
Totale rilevamenti giornalieri per sonda	86
Totale rilevamenti	343
<b>Corso d'opera - Fase 10 – 11 – 12 – 13 - Esecuzione Pali</b>	
Totale giorni lavorativi	193
Frequenza di rilevamento	settimanale
Totale rilevamenti settimanali per sonda	39
Totale rilevamenti	156
<b>Corso d'opera - Fase 2 – 3 – 4 – 6 – 7 – 14 – 15 - Riempimenti ed infissione palancole in acciaio</b>	
Totale giorni lavorativi	129
Frequenza di rilevamento	bimensile
Totale rilevamenti settimanali per sonda	13
Totale rilevamenti	52
<b>Corso d'opera - Fase 16- Pavimentazione e impianti</b>	
Totale giorni lavorativi	43
Frequenza di rilevamento	mensile
Totale rilevamenti settimanali per sonda	3
Totale rilevamenti	12
Numero complessivo rilevamenti con sonda	563

**Tabella 16 – Schema di strategia di rilevamento in corso d'opera delle stazioni fisse (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

Durante le fasi di dragaggio, l'aumento di torbidità dell'acqua deve essere monitorato giornalmente da tutte le stazioni, sia fisse che mobili con una sonda multiparametrica. Le stazioni di rilevamento mobili seguono le attività di escavo come si vede nelle figure seguenti. Nella Error. L'origine riferimento non è stata trovata. la posizione delle 3 stazioni mobili è puramente indicativa perché in realtà seguono l'avanzamento del dragaggio e dovranno essere posizionate ai lati delle panne per verificarne l'efficienza.

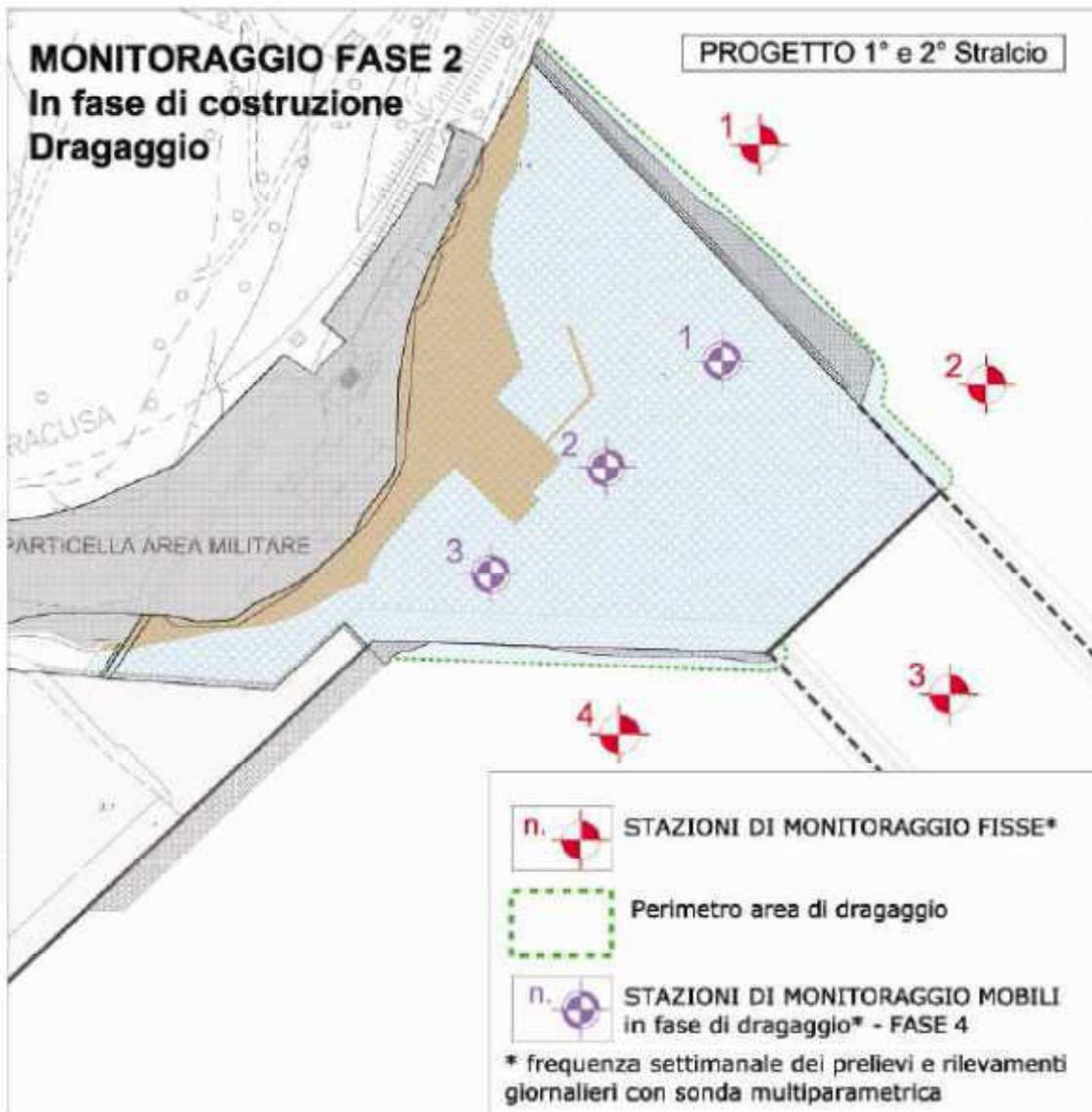


Figura 20 – Posizione delle stazioni di monitoraggio in corso d'opera – Fase dragaggi

Corso d'opera - Fasi 1 – 5 – 8 – 9 - Dragaggio	
<b>Stazioni di campionamento mobili</b>	
n. sonde mobili	3
Totale giorni lavorativi	86
Frequenza di rilevamento	giornaliera
Totale rilevamenti giornalieri per sonda	<b>86</b>
Totale rilevamenti	<b>258</b>

Tabella 17 – Schema di strategia di rilevamento con sonda multiparametrica in corso d'opera durante la fase di dragaggio (stazioni mobili) (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)

La seguente tabella riassume i rilevamenti durante le fasi di dragaggio

RIEPILOGO RILEVAMENTI MONITORAGGIO NELLE FASI 1 – 5 – 8 - 9 (DRAGAGGIO)		
Stazioni Fisse	Rilevamenti con sonda	343
Stazioni Mobili	Rilevamenti con sonda	258

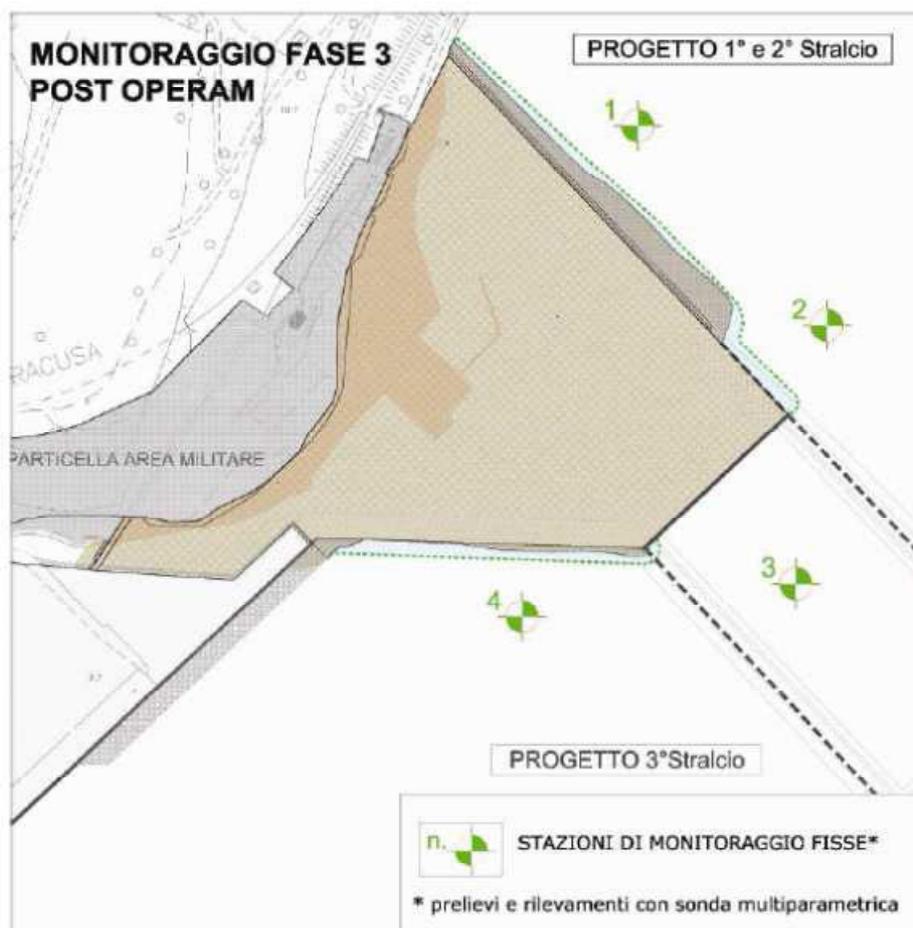
**Tabella 18 – Riepilogo numero di campionamenti complessivi in FASE 4 (dragaggio) (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

#### 4.7.3 MONITORAGGIO FASE 3 – Verifica post-operam

Da eseguirsi almeno 2 volte nelle due settimane successive la fine delle attività nelle 4 stazioni fisse individuate nel progetto già utilizzate nell'ante-operam. Consiste:

- nel rilevamento con sonda multiparametrica di tutti i parametri chimico-fisici dell'acqua marina antistante l'area di realizzazione delle opere a mare da stazioni fisse, in particolare il rilevamento dei profili verticali di:
  - Temperatura
  - pH
  - Salinità
  - Conducibilità
  - Ossigeno disciolto
  - Potenziale Redox
  - Clorofilla "A"
  - Torbidità
- definizione dello stato chimico dell'area con l'effettuazione di analisi chimico-fisiche su **campioni superficiali e profondi** per la determinazione dei seguenti parametri:
  - Solidi sospesi
  - Metalli ed elementi in tracce (As, Cd, Cr tot, Hg, Ni, Pb, Al, Fe, V, Cu, Zn);
  - Idrocarburi Policiclici Aromatici, Idrocarburi pesanti C>12, HCB;
  - Idrocarburi leggeri C<12 e microbiologia.
- valutazione di raffronto rispetto ai risultati ottenuti in ante operam

Di seguito è riportato il numero ed il posizionamento delle stazioni di campionamento ottenuto dall'applicazione della strategia precedentemente descritta.



**Figura 21 – Posizione delle stazioni di monitoraggio post operam**

Verranno rilevati per ogni stazione i dati fisico-chimici in situ con una sonda multiparametrica, e verrà effettuato il prelievo di campioni per le analisi chimiche e microbiologiche da effettuarsi in laboratorio secondo le modalità descritte di seguito.

La seguente tabella riepiloga numero e frequenza dei rilevamenti nel post operam.

<b>SCHEMA DI STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO POST OPERAM</b>	
<b>Stazioni di campionamento fisse</b>	<b>4</b>
N. rilevamenti in situ con sonda multiparametrica	<b>1</b>
N. prelievo campioni per analisi (superficiale/profondo)	<b>2</b>
Totale prelievi e analisi di laboratorio	<b>8</b>
Frequenza settimanale	<b>2</b>
Numero complessivo rilevamenti con sonda	<b>8</b>
Numero complessivo prelievi e analisi di laboratorio	<b>16</b>
<b>Boe attive dopo ultimazione lavori</b>	
Stazioni campionamento mobili	<b>3</b>
Mesi di funzionamento dopo fine lavori	<b>3</b>

**Tabella 19 – Schema di strategia di campionamento post operam (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

#### **4.8 Modalità per la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici**

Le modalità per la classificazione dello stato di qualità delle acque superficiali costiere è normato nell'Allegato 1 alla Terza Parte del DLgs 3 aprile 2006 n. 152.

##### **4.8.1 Elementi biologici**

Composizione, abbondanza e biomassa del fitoplancton

Composizione e abbondanza dell'altra flora acquatica

Composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici

##### **4.8.2 Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici**

Condizioni morfologiche

Variazione della profondità

Struttura e substrato del letto costiero

Struttura della zona intercotidale

Regime di marea

Direzione delle correnti dominanti

Esposizione alle onde

##### **4.8.3 Elementi chimici e fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici**

Trasparenza

Condizioni termiche

Condizioni di ossigenazione

Salinità

Condizione dei nutrienti

##### **4.8.4 Inquinanti specifici**

Inquinamento da tutte le sostanze prioritarie di cui è stato accertato lo scarico nel corpo idrico

Inquinamento da altre sostanze di cui è stato accertato lo scarico nel corpo idrico in quantità significative.

##### **4.8.5 Definizioni normative per la classificazione dello stato ecologico**

Le seguenti tabelle rappresentano la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici

Elemento	Stato Elevato	Stato Buono	Stato Sufficiente
Fitoplancton	Composizione e abbondanza dei taxa di fitoplancton conformi alle condizioni inalterate. Biomassa media del fitoplancton conforme alle condizioni fisico-chimiche tipiche specifiche e non tale da alterare significativamente le condizioni di trasparenza tipiche specifiche. Fioriture di fitoplancton con frequenza e intensità conformi alle condizioni fisico-chimiche tipiche specifiche.	Lievi segni di alterazione nella composizione e abbondanza dei taxa di fitoplancton. Lievi variazioni della biomassa rispetto alle condizioni tipiche specifiche. Tali variazioni non indicano nessuna crescita accelerata di alghe tale da provocare un'alterazione indesiderata della composizione equilibrata degli organismi presenti nel corpo idrico o della qualità fisico-chimica dell'acqua. Possibile un lieve aumento della frequenza e intensità delle fioriture di fitoplancton tipiche specifiche.	Composizione e abbondanza dei taxa di fitoplancton che presentano segni di moderata alterazione. Biomassa di alghe sostanzialmente al di fuori della forcella associata alle condizioni tipiche specifiche e tale da influire sugli altri elementi di qualità biologica. Possibile un moderato aumento della frequenza e intensità delle fioriture di fitoplancton. Possibili fioriture persistenti nei mesi estivi.
Macroalghe e Angiosperme	Presenza di tutti i taxa di macroalghe e angiosperme sensibili alle alterazioni associati alle condizioni inalterate. Livello di copertura delle macroalghe e di abbondanza alle angiosperme conformi alle condizioni inalterate.	Presenza della maggior parte dei taxa di macroalghe e angiosperme sensibili alle alterazioni associati alle condizioni inalterate. Livelli di copertura delle macroalghe e di abbondanza alle angiosperme che presentano lievi segni di alterazione.	Assenza di un moderato numero di taxa di macroalghe e angiosperme sensibili alle alterazioni associati alle condizioni inalterate. Copertura delle macroalghe e di abbondanza alle angiosperme moderatamente alterate e tali da poter provocare un'alterazione indesiderata della composizione equilibrata degli organismi presenti nel corpo idrico.
Macroinvertebrati bentonici	Livello di diversità e di abbondanza dei taxa di invertebrati entro la forcella di norma associata alle condizioni inalterate. Presenza di tutti i taxa sensibili alle alterazioni associati alle condizioni inalterate.	Livello di diversità e di abbondanza dei taxa di invertebrati leggermente al di fuori della forcella di norma associata alle condizioni tipiche specifiche. Presenza della maggior parte dei taxa sensibili delle comunità tipiche specifiche.	Livello di diversità e di abbondanza dei taxa di invertebrati moderatamente al di fuori della forcella di norma associata alle condizioni tipiche specifiche. Presenza di molti dei taxa sensibili delle comunità tipiche specifiche.

Tabella 20 –Definizioni normative per la classificazione dello stato ecologico – Elementi di qualità biologica

Elemento	Stato Elevato	Stato Buono	Stato Sufficiente
Regime di marea	Regime di flusso di acqua dolce nonché direzione e velocità delle correnti dominanti che corrispondono totalmente o quasi alle condizioni inalterate.	Condizioni coerenti con il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica	Condizioni coerenti con il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica
Condizioni morfologiche	Variazioni di profondità, struttura e substrato del fondo costiero nonché struttura e condizioni delle zone intercotidali che corrispondono totalmente o quasi alle condizioni inalterate.	Condizioni coerenti con il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica	Condizioni coerenti con il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica

Tabella 21 –Definizioni normative per la classificazione dello stato ecologico – Elementi di qualità idromorfologica

Elemento	Stato Elevato	Stato Buono	Stato Sufficiente
Condizioni generali	Elementi fisico-chimici che corrispondono totalmente o quasi alle condizioni inalterate. Concentrazioni di nutrienti entro la forcella di norma associata alle condizioni inalterate. Temperatura, bilancio dell'ossigeno e trasparenza che non presentano segni di alterazione di origine antropica e restano entro la forcella di norma associata alle condizioni inalterate.	Temperatura, condizioni di ossigenazione e trasparenza che non raggiungono livelli al di fuori delle forcelle fissate per assicurare il funzionamento dell'ecosistema e il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica. Concentrazioni dei nutrienti che non superano i livelli fissati per assicurare il funzionamento dell'ecosistema e il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica.	Condizioni coerenti con il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica.
Inquinanti sintetici specifici	Concentrazioni prossime allo zero o almeno inferiori ai limiti di rilevazione delle più avanzate tecniche di analisi di impiego generale	Concentrazioni non superiori agli standard fissati secondo la procedura di cui al punto 3 del presente allegato, fatto salvo quanto previsto per i prodotti fitosanitari della direttiva 91/414/CE, recepita con il DL 17 marzo 1995, n. 194, e per i biocidi della direttiva 98/8/CE, recepita con il DL 25 febbraio 2000, n. 174	Condizioni coerenti con il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica.
Inquinanti non sintetici specifici	Concentrazioni entro la forcella di norma associata alle condizioni inalterate (livello di fondo naturale = bg)	Concentrazioni non superiori agli standard fissati secondo la procedura di cui al punto 3 del presente allegato, fatto salvo quanto previsto per i prodotti fitosanitari della direttiva 91/414/CE, recepita con il DL 17 marzo 1995, n. 194, e per i biocidi della direttiva 98/8/CE, recepita con il DL 25 febbraio 2000, n. 174	Condizioni coerenti con il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica.

Tabella 22 –Definizioni normative per la classificazione dello stato ecologico – Elementi di qualità fisico chimica

## 4.9 Analisi previste

### 4.9.1 Rilevamento in sito di parametri idrologici e fisico chimici

#### Misura dei parametri fisico chimici delle acque marine rilevati mediante sonda parametrica

Le posizioni in mare e le frequenze sono state già descritte nella presente relazione. Il prelievo deve essere effettuato utilizzando un natante adeguato avendo cura di non alterare (con scarichi, effetto scia, ecc.) la misura da effettuare. Le coordinate dell'effettiva posizione della stazione dovranno essere registrate attraverso dispositivo GPS.

In ogni stazione saranno rilevati ogni metro profili verticali di:

- Temperatura dell'acqua;
- pH;
- Salinità;
- Conducibilità;
- Ossigeno disciolto;
- Potenziale Redox (di ossidoriduzione);
- Clorofilla "a";
- Torbidità.

Tali parametri sono da rilevare sempre ad ogni prelievo secondo il piano di monitoraggio.

Generalmente si prevede di:

- Utilizzare sensori calibrati con alta precisione che vanno tenuti sotto osservazione per almeno 6 mesi dalla data di fabbricazione.
- Calibrare gli strumenti una volta all'anno.
- Effettuare di routine i controlli del valore di ossigeno e salinità da sonda con analisi in laboratorio rispettivamente con il metodo Winkler e con un salinometro a conferma del dato rilevato con la sonda
- Tarare il sensore della clorofilla periodicamente con valori di clorofilla ottenuti per via spettrofluorimetrica su colture di fitoplancton.
- Calibrare i sensori prima di ogni crociera; il sensore clorofilla, viceversa, può essere tarato ogni 6 mesi.
- Calare la sonda con velocità di 1 m/s, per campionamenti su "alto fondale"; per campionamenti in "basso fondale", e in particolare in situazioni di accentuata stratificazione termica, tale velocità può essere ridotta a circa 50 cm/s. Infatti per "l'alto fondale" velocità inferiori a 1 m/s massimizzano gli errori di misura dovuti allo "shed wakes", in quanto il movimento verticale indotto da barca/cavo/verricello assume una importanza percentuale maggiore tanto più è lento il movimento della sonda. Per il "basso fondale", viceversa, velocità più elevate di quella consigliata potrebbero comportare una errata stima del valore di ossigeno disciolto.
- Le misure di clorofilla, oltre che dalla temperatura, sono notevolmente influenzate dalla torbidità. Si consiglia l'utilizzo di un turbidimetro integrato sul sensore di clorofilla, al fine di compensare la lettura del valore della clorofilla, e ottenere il valore della torbidità.

Si utilizzeranno sensori che indicativamente rispondono alle seguenti caratteristiche:

#### a) Sensori standard

- Conducibilità: Range 0 - 7 S/m; Accuratezza 0.005 S/m; Risoluzione 0.001 S/m
- Temperatura: Range -2 + 35 deg C; Accuratezza 0.005 deg C; Risoluzione 0.0005 deg C
- Pressione: Range variabile; Accuratezza 0.25%; Risoluzione 0.04%
- pH: Range 0-14 pH; Accuratezza 0.01 pH; Risoluzione 0.001 pH
- Ossigeno disciolto con sistema di calcolo della percentuale di saturazione:
- Compensazione di temperatura; Range 0-50 ppm; Accuratezza 0.1 ppm; Risoluzione 0.01 ppm
- Clorofilla: Compensazione di temperatura; Compensazione di torbidità; Completo di standard Solido Secondario per calibrazione automatica; Autorange su 4 ordini di grandezza senza necessità di modifica manuale; Accuratezza 0.01µg/l.

#### b) Sensori addizionali

- Potere di ossidoriduzione (ORP): Range -1000 mV + 1000 mV; Accuratezza 1 mV; Risoluzione 0.1 mV.
- Torbidità: Autorange su 3 ordini di grandezza senza necessità di modifica manuale;

Accuratezza 0.05 NTU; Tempo di risposta 0.2 secondi.

Per tutte le misure effettuate, l'operatore dovrà annotare, in apposito stampato costituente il rapporto di esecuzione della misura, con particolare cura e dovizia di particolari, la località della misura, la data, le condizioni in cui è stata effettuata, tutte le circostanze che a suo giudizio possono aver condizionato la misurazione, nonché eventuali situazioni locali che potrebbero rappresentare potenziale o reale pregiudizio per la qualità del corpo idrico monitorato. Tale stampato dovrà essere a corredo dei risultati della campagna di misura.

#### 4.9.2 Campionamento ed analisi in laboratorio di parametri fisico-chimici

Il campionamento delle acque superficiali deve essere svolto in conformità a quanto previsto dai pertinenti manuali ISPRA. Le posizioni in mare e le frequenze sono state già descritte nel paragrafo 8 della presente relazione. Il prelievo deve essere effettuato utilizzando un natante adeguato avendo cura di non alterare (con scarichi, effetto scia, ecc.) la misura da effettuare. Le coordinate dell'effettiva posizione della stazione dovranno essere registrate attraverso dispositivo GPS.

Il campione di acqua sarà ripartito nei contenitori utilizzati per il trasporto e la conservazione, curandone il riempimento fino al bordo evitando il formarsi di bolle d'aria. I contenitori dovranno essere costituiti da bottiglie di vetro scuro debitamente contrassegnate da un'etichetta riportante la data di prelievo, il punto di campionamento e la denominazione del campione. Per ogni punto di campionamento dovrà essere compilato un verbale di campionamento riportante la temperatura dell'aria e dell'acqua, la conducibilità elettrica, il pH e l'ossigeno disciolto. I campioni saranno trasportati presso il laboratorio di analisi avendo cura che il trasporto avvenga in condizioni di temperatura idonee (4°C + 2°C) e che i campioni siano consegnati al laboratorio entro 48 ore.

Il report redatto al termine di ogni campagna dovrà contenere oltre alla descrizione di ogni singola postazione di misura, completa di fotografie, posizionamento effettivo sulla planimetria nella stessa scala di progetto, i dati relativi alle condizioni meteorologiche dei giorni di campionamento, una descrizione delle modalità di campionamento ed analisi, un commento dei risultati evidenziando le eventuali anomalie.

#### 4.9.3 Analisi in ante operam e post operam

Per ogni campione saranno effettuate analisi di laboratorio per la determinazione dei parametri riportati nella seguente tabella.

Acque marine n. 32 campioni (ante operam – post operam)	
Determinazione analitica	Metodo di prova
Solidi totali sospesi	APAT CNR IRSA 2090B Man 29 2003
Alluminio	EPA 200.8/94
Antimonio	EPA 200.8/94
Argento	EPA 200.8/94
Arsenico	EPA 200.8/94
Berillio	EPA 200.8/94
Cadmio	EPA 200.8/94
Cobalto	EPA 200.8/94
Cromo totale	EPA 200.8/94
Cromo VI	EPA 7199
Ferro	EPA 200.8/94
Manganese	EPA 200.8/94
Mercurio	EPA 200.8/94
Nichel	EPA 200.8/94
Piombo	EPA 200.8/94

Rame	EPA 200.8/94
Selenio	EPA 200.8/94
Tallio	EPA 200.8/94
vanadio	EPA 200.8/94
Zinco	EPA 200.8/94
BTEX	EPA 5030C2003+EPA8260C2006
Idrocarburi C<12	EPA 5030C2003+EPA8015D2003
Idrocarburi C>12	EPA 3510C/96+EPA 8015D/03
IPA	EPA 3510C/96+EPA 8015D/03
Esaclorobenzene	EPA 3510C/96+EPA 8015D/07
Alifatici alogenati, alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni	EPA 5030C2003+EPA8260C2006
MTBE	EPA 5030C2003+EPA8260C2006
Coliformi totali	CNR IRSA 3.1 Q 64 Vol 1 1983 + ISO 4832/06
Coliformi Escherichia coli	CNR IRSA 3.1 Q 64 Vol 1 1983 + UNI ISO 16649-2/10
Clostridi	ICRAM 2001 SCH.6
Salmonella	IRSA CNR SUPPL. Q 100/99
Stafilococchi	CNR IRSA 3.2 Q 64 Vol 1 1983 + ISO 6888-2/04
Enterococchi fecali	CNR IRSA Q64 + MIP 007
Miceli e lieviti	CNR IRSA 3.3 Q 64 Vol 1 1983 + ISO 21257-1/08

**Tabella 23 – Parametri di base da controllare nelle acque superficiali ai sensi del Dlgs 152 del 3 aprile 2006 Tabella 1/A, Allegato 1 alla Terza Parte (i metodi di prova indicati in tabella non sono esaustivi, ma solo indicativi di alcune metodiche applicate e ufficialmente riconosciute/accreditate)**

Inoltre, in analogia a quanto previsto per le analisi dei sedimenti marini, nelle fasi di ante operam e post operam, verranno effettuate prove ecotossicologiche sul 40% dei campioni prelevati secondo quanto descritto sopra. Le analisi verranno condotte come già descritto in relazione ai sedimenti marini.

#### 4.9.4 Prelievi integrativi eseguiti dall'Impresa Affidataria e non prescritti da ISPRA - Campionamento ed analisi in laboratorio di parametri fisico-chimici - Analisi in corso d'opera

Nel corso dei lavori verranno effettuate analisi chimico-fisiche su campioni di acqua marina superficiale e profonda prelevati con frequenza settimanale nelle quattro stazioni di rilevamento fisse riportate in fig. 21 e nelle tre stazioni mobili riportate in fig. 22 (queste ultime solo nel corso dell'esecuzione dei dragaggi) come riepilogato in tabella 24. Tali analisi risultano integrative rispetto alle prescrizioni dell'ISPRA.

<b>Stazioni di campionamento fisse</b>	
<b>&gt; Corso d'opera - Fase 4 - Dragaggio</b>	
Totale giorni lavorativi	86
Totale prelievi settimanali per sonda	<b>18</b>
Totale campioni da analizzare (n.2 a prelievo)	<b>144</b>
<b>&gt; Corso d'opera - Fase 9/10/11- Esecuzione Pali</b>	
Totale giorni lavorativi	193
Totale prelievi settimanali per sonda	<b>39</b>
Totale campioni da analizzare (n.2 a prelievo)	<b>312</b>
<b>&gt; Corso d'opera - Fase 3/5/6/8/12/13/14/15 - Riempimenti</b>	
Totale giorni lavorativi	129
Totale prelievi bimensili per sonda	<b>13</b>
Totale campioni da analizzare (n.2 a prelievo)	<b>104</b>
<b>&gt; Corso d'opera - Fase 16/17/18 - Pavimentazione e impianti</b>	
Totale giorni lavorativi	43
Totale prelievi bimensili per sonda	<b>3</b>
Totale campioni da analizzare (n.2 a prelievo)	<b>24</b>
Numero complessivo prelievi e analisi di laboratorio	<b>584</b>
<b>Stazioni di campionamento mobili</b>	
<b>&gt; Corso d'opera - Fase 4 - Dragaggio</b>	
n. sonde mobili	3
Totale giorni lavorativi	86
Totale prelievi settimanali per sonda	<b>18</b>
Totale campioni da analizzare (n.2 a prelievo)	<b>108</b>
Numero complessivo prelievi e analisi di laboratorio	<b>108</b>
<b>Numero complessivo prelievi e analisi di laboratorio</b>	<b>692</b>

**Tabella 24 - Schema di strategia di campionamento in corso d'opera delle stazioni fisse e mobili (le quantità riportate sono indicative e possono subire modifiche in funzione delle attività; la frequenza di campionamento rimane fissa ed invariabile)**

Il campionamento delle acque marine sarà svolto in conformità a quanto previsto dai pertinenti manuali ISPRA, utilizzando un natante adeguato avendo cura di non alterare (con scarichi, effetto scia, ecc.) la misura da effettuare. Le coordinate dell'effettiva posizione della stazione saranno registrate attraverso dispositivo GPS. Il campione di acqua sarà ripartito nei contenitori utilizzati per il trasporto e la conservazione, curandone il riempimento fino al bordo evitando il formarsi di bolle d'aria.

Si utilizzeranno contenitori di vetro scuro debitamente contrassegnati da un'etichetta riportante la data di prelievo, il punto di campionamento e la denominazione del campione. Per ogni punto di campionamento si compilerà un verbale di campionamento riportante la temperatura dell'aria e dell'acqua, la conducibilità elettrica, il pH e l'ossigeno disciolto. I campioni saranno trasportati presso il laboratorio di analisi avendo cura che il trasporto avvenga in condizioni di temperatura idonee (4°C + 2°C) e che i campioni siano consegnati al laboratorio entro 48 ore.

Per ogni campione saranno effettuate analisi di laboratorio per la determinazione dei parametri riportati nella seguente tabella:

<b>Acque marine n. 692 campioni</b>	
<b>Determinazione analitica</b>	<b>Metodo di prova</b>
Solidi totali sospesi	APAT CNR IRSA 2090B Man 29 2003
Alluminio	EPA 200.8/94
Antimonio	EPA 200.8/94
Argento	EPA 200.8/94
Arsenico	EPA 200.8/94
Berillio	EPA 200.8/94
Cadmio	EPA 200.8/94
Cobalto	EPA 200.8/94
Cromo totale	EPA 200.8/94
Cromo VI	EPA 7199
Ferro	EPA 200.8/94
Manganese	EPA 200.8/94
Mercurio	EPA 200.8/94
Nichel	EPA 200.8/94
Piombo	EPA 200.8/94
Rame	EPA 200.8/94
Selenio	EPA 200.8/94
Tallio	EPA 200.8/94
vanadio	EPA 200.8/94
Zinco	EPA 200.8/94
BTEX	EPA 5030C2003+EPA8260C2006
Idrocarburi C<12	EPA 5030C2003+EPA8015D2003
Idrocarburi C>12	EPA 3510C/96+EPA 8015D/03
IPA	EPA 3510C/96+EPA 8015D/03
Esaclorobenzene	EPA 3510C/96+EPA 8015D/07
Alifatici alogenati, alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni	EPA 5030C2003+EPA8260C2006
MTBE	EPA 5030C2003+EPA8260C2006
Coliformi totali	CNR IRSA 3.1 Q 64 Vol 1 1983 + ISO 4832/06
Coliformi Escherichia coli	CNR IRSA 3.1 Q 64 Vol 1 1983 + UNI ISO 16649-2/10
Clostridi	ICRAM 2001 SCH.6
Salmonella	IRSA CNR SUPPL. Q 100/99

Stafilococchi	CNR IRSA 3.2 Q 64 Vol 1 1983 + ISO 6888-2/04
Enterococchi fecali	CNR IRSA Q64 + MIP 007
Miceli e lieviti	CNR IRSA 3.3 Q 64 Vol 1 1983 + ISO 21257-1/08

**Tabella 27 – Parametri di base da controllare nelle acque superficiali ai sensi del Dlgs 152 del 3 aprile 2006 Tabella 1/A, Allegato 1 alla Terza Parte (i metodi di prova indicati in tabella non sono esaustivi, ma solo indicativi di alcune metodiche applicate e ufficialmente riconosciute/accreditate).**

Infine si stabilisce che in accordo con le prescrizioni del decreto VIA (DEC 2007 – 9244 del 27.03.2007), viene previsto un sistema di monitoraggio degli sversamenti accidentali in mare di sostanze inquinanti durante le attività di cantiere che potrebbero nascere a seguito di malfunzionamento delle macchine, al fine di minimizzare gli impatti in fase di realizzazione dell'opera.

Dovranno essere attuati gli accorgimenti cautelativi per la gestione del cantiere che prevedano l'impiego di mezzi adeguatamente revisionati, perfettamente funzionanti e per i quali sia verificata l'assenza di perdite di inquinanti (oli, combustibili) da motori e serbatoi. Si rimanda allo specifico elaborato redatto, in cui vengono affrontati i rischi degli sversamenti accidentali.