



Dott.Ing. Franco Vigna

OPERE DI COMPLETAMENTO E DRAGAGGIO DEL PORTO E MESSA IN SICUREZZA DELL'ARENILE DELLA CALA DI BUGGERRU

PIANO DELLE INDAGINI INTEGRATIVE - 01 RELAZIONE- Rev_Gennaio 2018_03
pag. 1 di 37



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PROVINCIA DI CARBONIA-IGLESIAS (CI) - UNIONE DEI COMUNI METALLA E IL MARE



COMUNE DI BUGGERRU

**OPERE DI COMPLETAMENTO E DRAGAGGIO DEL PORTO
E MESSA IN SICUREZZA DELL'ARENILE DELLA CALA DI BUGGERRU**

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO DEL

**Piano delle indagini integrative
per il completamento della caratterizzazione dei fondali dell'area
portuale e dell'arenile della Cala di Buggerru interessati dalle opere**

01 - RELAZIONE

Gennaio 2018

Revisione Gennaio 2018 : Adeguamento alle prescrizioni del Decreto¹ Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione generale per la salvaguardia del territorio e delle acque del 13.12.2017.

Dott. Ing. Franco Vigna

¹ Decreto con la determinazione motivata di conclusione positiva della Conferenza di servizi decisoria, ex articolo 14bis, comma 5, della Legge 7 agosto 1990, n. 241, relativa al sito di bonifica di interesse nazionale del "Sulcis Iglesiente Guspinese", indetta con nota dell'8 novembre 2017 con protocollo n. 23889/STA sul "Piano delle indagini integrative per il completamento della caratterizzazione dei fondali dell'area portuale e dell'arenile della Cala di Buggerru interessati dalle Opere di completamento e dragaggio del porto e messa in sicurezza dell'arenile della cala di Buggerru".

Piano delle indagini integrative

per il completamento della caratterizzazione dei fondali dell'area portuale e dell'arenile della Cala di Buggerru interessati dalle opere

ELENCO ELABORATI

01 - RELAZIONE

02 - ELABORATI GRAFICI

- 01 - Planimetria georeferenziata dell'area da caratterizzare e localizzazione dei punti di indagine
- 02 - Planimetria generale delle opere previste nel progetto preliminare e area da caratterizzare

03 - CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

04 - QUADRO ECONOMICO E RIEPILOGO COMPUTO METRICO

Appendice 1 - Piano di caratterizzazione - Progemisa 2007/08

Appendice 2 - Progetto di fattibilità tecnica ed economica delle Opere di completamento e dragaggio del porto e messa in sicurezza dell'arenile della cala di Buggerru

Appendice 3 - Studi meteorologici e geologici per il porto turistico di Buggerru - MarTech/Dott.geol. M. Pompei/2007.

01 - RELAZIONE - SOMMARIO

1 - PREMESSA

- 1.1 - Descrizione delle modalità di revisione del precedente documento "Piano delle indagini integrative-Giugno 2017"
- 1.2 - Il Progetto di fattibilità tecnica ed economica
- 1.3 - Il presente "Piano delle indagini integrative"

2 - INTRODUZIONE

Fig.1 -Stato attuale del porto di Buggerru (Foto zenitale Google Earth 14 aprile 2013)

3 - MODELLO CONCETTUALE E STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

3.1 - Modello concettuale

3.1.1 - Sorgenti di contaminazione

Fig.2 -Sorgenti di Contaminazione

Fig.3 -a-b -Discariche minerarie nella Cala di Buggerru

3.1.2 - Percorsi e vie di migrazione dei contaminanti

Fig.4 -Dispersione dei sedimenti verso il largo

3.1.3 - Bersagli della contaminazione e modalità di esposizione.

3.2 - Strategie di campionamento

Fig.5 a/b -Area di indagine e stazioni di campionamento

Figura 6 - Analisi vettoriale delle correnti litoranee (studio MarTech)

Figura 7 - Area delle indagini integrative (rosso 33 ha) [Area indagata Progemisa 2007 (verde 17 ha)]

3.3 - Posizionamento dei punti di indagine

Fig. 8 - Area indagini integrative con posizione stazioni di campionamento

Fig. 9 - Sovrapposizione area di indagine con le opere previste nel Progetto Preliminare

3.4 - Numero tipologia e profondità di campionamento

3.5 - Scelta dei campioni

Tabella 1 - Sondaggi e campionamenti

Tabella 2 - Punti di esecuzione indagini geotecniche

3.6 - Risultati e modalità di svolgimento delle indagini

4 - ANALISI PREVISTE

4.1 - Analisi fisiche

Tabella 3 - Analisi fisiche

4.2 - Analisi chimiche

Tabella 4 - Analisi chimiche

4.3 - Analisi microbiologiche

Tabella 5 - Analisi microbiologiche

4.4 - Test ecotossicologici

Tabella 6 - Analisi Test ecotossicologici

4.5 - Acquisizione di parametri chimico-fisici in situ

4.6 - Test di speciazione e analisi di bioaccumulo

Tabella 7 - Limiti di quantificazione da raggiungere per i sedimenti.

Tabella 8 - limiti di quantificazione da raggiungere per gli organismi.

Tabella 9 - Limiti di quantificazione da raggiungere negli estratti ottenuti nell'exec. delle estrazioni sequenziali.

Fig. 10 - Estrazioni sequenziali (schema BCR) informazioni sulla mobilità degli elementi chimici

4.6.1 - Analisi di bioaccumulo su organismi marini

4.6.2 - Test di speciazione

4.7 - Valori di fondo di metalli/metalloidi nell'arenile e nei fondali



4.8 - Indagini geotecniche

5 - METODICHE ANALITICHE

5.1 - Misurazione di pH e potenziale redox

5.2 - Preparazione e conservazione dei campioni

Tabella 10 - Modalità di conservazione dei campioni di sedimento

5.3 - Procedure di analisi

5.4 - Criteri per la scelta dei laboratori incaricati per le analisi

5.5 - Modalità di restituzione dei risultati analitici

5.6 - Modalità di restituzione delle indagini e dei risultati

5.7 - Validazione dei risultati

____/____

1 - PREMESSA

1.1 - Descrizione delle modalità di revisione del precedente documento “Piano delle indagini integrative-Giugno 2017”

Il presente “Piano delle indagini integrative” è la revisione dell’analogo documento, datato Giugno 2007 presentato dal comune di Buggerru prot.n.3393 del 17.07.2017;

tale documento è stato revisionato recependo le indicazioni contenute nel parere istruttorio di ARPAS del 11.09.2017, nel parere tecnico ISPRA del 11.09.2017 - 43950, la BOZZA revisionata², inoltrata per le vie brevi, è stata oggetto di

² La prima revisione (BOZZA Ottobre 2017) recepisce le osservazioni relativamente ai seguenti punti:

in relazione a quanto indicato da ARPAS (11.09.2017):

- si è fatto riferimento a tutte le informazioni pregresse disponibili e sono state motivate le scelte relative alle nuove indagini;
- in relazione alle indagini pregresse sono state ridistribuite sull’area le stazioni di indagine e rettificata le coordinate;
- nella tabella riepilogativa dei sondaggi è stata riportata la profondità di scavo in modo da evidenziare che la profondità dell’indagine è sempre 0.5 m più profonda del limite di scavo;
- è stata rielaborata la distribuzione dei punti di campionamento esterni all’area portuale (area interessata dal ripascimento) prevedendo stazioni di carotaggio su quattro transetti perpendicolari alla spiaggia distanti circa 100 m l’uno dall’altro in modo da coprire tutta l’area interessata dalle opere.

Ciascun transetto prevede 4 stazioni di campionamento (a,b,c,d) così distribuite:

- (a) sulla spiaggia emersa;
- (b) in prossimità della battigia, su fondali di profondità 0÷-1 m (a distanza di circa 50m dal precedente);
- (c) su fondali -1÷-4 m (a distanza di circa 100m dal precedente);
- (d) su fondali oltre -5 (a distanza di circa 200m dal precedente);

i sondaggi sull’arenile e in prossimità della battigia avranno una profondità di -2 m a partire dalla quota del suolo;

i sondaggi sui fondali avranno una profondità di -1 m dalla quota del suolo;

in corrispondenza del sedime delle opere a scogliera la profondità sarà di -2 m dal suolo, e in adiacenza saranno eseguite le prove penetrometriche SPT.

- Per quanto riguarda le determinazioni analitiche sono state rielaborate specificando i campioni su cui devono essere eseguite; sono state limitate quelle relative a PCB, IPA, Benzene Pesticidi e in generale tenendo conto dei risultati pregressi e i punti in cui possono essere avvenute variazioni in relazione all’uso del sito (area portuale ancorchè sottoutilizzata);
- le analisi microbiologiche sono state previste su tutti i campioni dei sedimenti da dragare e sui campioni superficiali di quelli relativi all’area di ripascimento;
- i test ecotossicologici sono stati previsti sulle stesse specie già indagate nella caratterizzazione Progemisa 2007, (Dunaliella tertiolecta - Vibrio fischeri) con l’aggiunta di un 3° organismo test (Mytilus galloprovincialis) in coerenza con le indicazioni normative; i saggi biologici sono stati previsti su 34 campioni (pari a circa il 30%), scelti in modo da essere rappresentativi dei fondali antistanti la Cala di Buggerru, della spiaggia sommersa e dei fondali portuali, sono stati previsti sui campioni più superficiali (0÷0.5m) sono stati previsti anche 8 saggi rappresentativi del fondale post dragaggio da eseguire sui campioni profondi oltre la quota di dragaggio (-3);
- per i test di speciazione relativi a As, Pb, Cd, Zn, Hg si è fatto riferimento allo schema di estrazione sequenziale semplificato definito dalla Community Bureau of Reference (BCR) della Commissione Europea, che prevede un protocollo di estrazione articolato in tre step; (in particolare si è indicata il metodo BCR modificato); i campioni sui quali effettuare sono stati scelti in modo da essere rappresentativi dei fondali antistanti la Cala di Buggerru, della spiaggia sommersa e dei fondali portuali, pre e post dragaggio analogamente a quanto.
- per i test di bioaccumulo (relativi a As, Pb, Cd, Zn, Hg) sono stati indicati gli organismi bioindicatori di due specie ittiche stanziali individuate nell’area [MullusTriglia, Lithognathus-Mormora, (in alternativa Mugil-cefalo)] da prelevare sul posto (circa 10 individui per specie); sono state previste inoltre 3 stazioni di monitoraggio con la metodologia “Mussel Watch”; per le metodologie da applicare si è fatto riferimento al “Protocollo Mussel Watch - del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio - ICRAM e alle Procedure per la valutazione del bioaccumulo di cui al punto 4.2.2 Metodologia “Mussel Watch”- Trasferimento Attivo di Mitili del documento “PROCEDURA PER LA DERIVAZIONE DI VALORI DI RIFERIMENTO IN AREE MARINE E SALMASTRE INTERNE ALLA PERIMETRAZIONE DEI S.I.N. - PROPOSTA ISPRA – CNR – ISS” (Ottobre 2015)”.
- Per quanto riguarda la fase di validazione è stata indicata e prevista, rimandando le specifiche di dettaglio delle procedure di validazione alle modalità da concordare con gli enti competenti e secondo le indicazioni in fase istruttoria.

in relazione al parere tecnico ISPRA (11.09.2017):

- è stato sintetizzato il modello concettuale richiamato e definita la strategia di campionamento in relazione alle indagini pregresse (Progemisa 2007), allo stato dei luoghi, all’uso del sito e alle opere da realizzare; è stata rielaborata la ridistribuzione ragionata delle maglie di campionamento tenendo conto dei risultati della caratterizzazione pregressa e concentrando le indagini nelle aree non indagate o che possono aver subito variazioni in relazione alle dinamiche di trasporto litoraneo, all’erosione, all’articolazione strutturale e di utilizzo interna al porto e in relazione alle opere da realizzare;
- la lunghezza delle carote e i campioni da prelevare sono stati adeguati al DM 7/11/2008 allegato A;
- sono stati specificati i limiti di quantificazione analitica, che dovranno essere conformi ai requisiti di cui al D.lgs. 219/2010 e alla Tabella 2 pag.14 del documento: PROCEDURA PER LA DERIVAZIONE DI VALORI DI RIFERIMENTO IN AREE MARINE E SALMASTRE INTERNE ALLA PERIMETRAZIONE DEI

ulteriori osservazioni di ARPAS e ISPRA (comunicazione del Min. Ambiente del 20/10/2017); la BOZZA revisionata, inoltrata è stata accompagnata dal "Progetto di fattibilità tecnica ed economica delle Opere di completamento e dragaggio del porto e messa in sicurezza dell'arenile della cala di Buggerru/2017" e dallo "Studio meteomarinario/geologico relativo al porto turistico di Buggerru eseguito dal RTP: MarTech/Dott.geol. M. Pompei/2007".

Il presente documento datato Novembre 2007 recepisce pertanto sia le osservazioni contenute nel parere istruttorio ARPAS del 11.09.2017 e nel parere tecnico ISPRA del 11.09.2017 - 43950 che le ulteriori osservazioni di ARPAS e ISPRA sulla BOZZA revisionata come da comunicazione del Min. Ambiente del 20/10/2017.

In particolare:

Posizionamento dei punti di indagine: i punti di campionamento previsti nell'area esterna al porto, sono stati ulteriormente riposizionati, sempre rispettando il criterio del transetto ma adeguandoli alla morfologia del fondale e all'andamento della linea di costa. Il riposizionamento è stato elaborato seguendo maggiormente le isobate; tuttavia poiché i fondali antistanti la spiaggia fino a profondità di - 6 ÷ - 8 m sono caratterizzati da una notevole mobilità stagionale, è stato specificato che la posizione delle stazioni di campionamento dovrà essere verificata ed eventualmente adeguata in fase esecutiva nel rispetto dei seguenti criteri:

- I prelievi saranno distribuiti lungo quattro transetti perpendicolari alla linea di battigia della spiaggia, distanti circa 100 m l'uno dall'altro e in modo da coprire tutta l'area interessata dalle opere;
- su ciascun transetto sono previste 4 stazioni di campionamento (a,b,c,d) che saranno ubicate come segue:
 - (a) sulla spiaggia emersa; a distanza di circa 50m dal successivo (b);
 - (b) in prossimità della battigia, su fondali di profondità compresa tra -0,50 ÷ -1 m (tali punti dovranno essere tracciati per primi).
 - (c) su fondali di profondità compresa tra -2 ÷ -4 m ;
 - (d) su fondali di profondità compresa tra -5 ÷ -8 m ;
- i sondaggi sull'arenile e in prossimità della battigia avranno una profondità di -2 m a partire dalla quota del suolo; lo schema di campionamento su questi sondaggi (riguardanti l'arenile) è stato adeguato a quanto indicato da ARPAS, in modo da ottenere dati maggiormente significativi in relazione a quanto precedentemente eseguito e già proposto e concordato con ISS e ISPRA sulla verifica dei livelli di contaminazione e l'analisi di rischio relativa alla

S.I.N. - PROPOSTA ISPRA – CNR – ISS" (Ottobre 2015). ove non previsti, il limite di rilevabilità dovrà essere pari a circa 1/10 dei valori tabellari di riferimento;

- per i test di speciazione sono stati indicati i protocolli di riferimento, è stato specificato che le estrazioni sequenziali dovranno essere eseguite su campioni freschi e sono stati indicati i campioni sui quali eseguire i test.

- per le prove di bioaccumulo sono stati indicati i protocolli di riferimento, sono state individuate le specie ittiche stanziali e le stazioni di monitoraggio Mussel Watch.

fruizione dell'arenile; pertanto lo schema prevede la campionatura dei seguenti livelli: 0.00-0.20 m; 0.20-0.50 m; 0.50-1.00 m; 1.00-2.00 m.

- i sondaggi sui fondali avranno una profondità di -1 m dalla quota del suolo;
- in corrispondenza del sedime delle opere a scogliera la profondità sarà di -2 m dal suolo, e in adiacenza saranno eseguite le prove penetrometriche SPT.

Analisi chimiche: i parametri non previsti per tutti i campioni vanno determinati su un numero almeno pari al 10% dei campioni totali, opportunamente distribuiti. Per la determinazione di diossine e amianto questi possono essere limitati a un 10% dei soli campioni superficiali.

Limiti di quantificazione: è stato specificato che i limiti dovranno essere quelli riportati dal D.M. 7 novembre 2008.

Carotiere: è stato previsto esclusivamente l'uso di vibrocarotiere sia per i carotaggi a terra che sui fondali.

Test di speciazione: è stato previsto lo schema di estrazione sequenziale consigliato, la mobilità dei metalli nelle diverse frazioni sarà valutata mediante una procedura operativa di estrazione sequenziale con solventi a potere estraente crescente secondo la metodologia descritta in *"Fractionation studies and bioaccumulation of cadmium, mercury and lead in two harbour areas. Chemical Speciation & Bioavailability" 18 (3): 95-103. MAGGI, C., BIANCHI, J., DATTOLO, M., MARIOTTI, S., COZZOLINO, A., GABELLINI, M. (2006)*

Test ecotossicologici: come terza specie della batteria è stata indicata la *Cassostrea gigas*.

I riferimenti normativi sono stati opportunamente adeguati.

1.2 - Il Progetto di fattibilità tecnica ed economica delle "OPERE DI COMPLETAMENTO E DRAGAGGIO DEL PORTO E MESSA IN SICUREZZA DELL'ARENILE DELLA CALA DI BUGGERRU (rev. Agosto 2017)" ha come finalità generale il recupero funzionale del Porto di Buggerru³ inquadrando gli interventi in una prospettiva di sviluppo futuro.

La finalità principale tuttavia è quella di dare agibilità al Porto di Buggerru nei tempi più brevi possibili, dando soluzione duratura alla criticità principale, costituita dall'insabbiamento del bacino portuale e individuando le opere prioritarie all'interno di un quadro programmatico di sviluppo dell'infrastruttura portuale.

Il Progetto è costituito pertanto da una parte che possiamo definire di "pianificazione" e da una parte progettuale in senso stretto.

Il progetto è stato redatto;

- recependo le osservazioni degli Enti autorizzativi Regionali e Ministeriali espresse in occasione della istruttoria del "Progetto definitivo di ripristino parziale della agibilità del porto (2013)" che non ha avuto seguito;

³ Il sito è stato inserito nell'elenco dei SIN (siti di bonifica d'interesse nazionale) con Decreto n. 468 del 18 settembre 2001.

- tenendo conto delle diverse criticità trattate nell'ambito del "Tavolo tecnico sulle aree a mare del Sito di Interesse Nazionale del Sulcis-Iglesiente-Guspinese";
- in coerenza con gli studi predisposti dalla Provincia di Carbonia Iglesias nel 2012 nell'ambito di un "Programma di riassetto e razionalizzazione del sistema portuale del Sulcis Iglesiente" e con le linee di indirizzo generali del "Piano straordinario per il Sulcis";

Il Progetto è stato sviluppato con riferimento ai seguenti studi e indagini pregresse:

- per gli aspetti geologici, geotecnici, meteomarinari e relativi al trasporto dei sedimenti si è fatto riferimento ai contenuti dello studio effettuato dal R.T.I. MarTech - Dott.geol. M. Pompei (2007)⁴ condotto per conto della Regione Autonoma della Sardegna Ass.LL.PP. finalizzato alla ricerca di soluzioni progettuali atte a limitare i fenomeni di penetrazione del moto ondoso e di insabbiamento dei fondali all'interno del porto di Buggerru;
- per le caratteristiche dei suoli e dei livelli di inquinamento dei sedimenti si è fatto riferimento al "Piano della Caratterizzazione dell'area portuale di Buggerru" eseguito da PROGEMISA (2007) per conto della Regione Autonoma Sardegna Assessorato dei Lavori Pubblici⁵.

Il Progetto di fattibilità tecnica ed economica comprende una parte di "pianificazione" in cui viene tracciato il piano di sviluppo futuro del Porto di Buggerru, prevedendo le opere e gli interventi necessari a dare alla infrastruttura un assetto stabile e potenzialità di gestione compatibili con la sostenibilità finanziaria. All'interno di questo quadro programmatico è stata sviluppata la progettazione preliminare delle opere e degli interventi prioritari attuabili con i finanziamenti disponibili.

Il progetto è stato sviluppato in considerazione delle seguenti circostanze oggettive:

- Urgenza di ripristinare la funzionalità della infrastruttura portuale.
- Impossibilità (per eccessiva onerosità) di opere di bonifica integrale dei sedimenti contaminati che costituiscono l'arenile della Cala di Buggerru, dispersi nell'area marina costiera antistante e accumulati dalle dinamiche litoranee all'interno del bacino portuale.

Le opere previste in progetto comprendono:

⁴ Servizio di ingegneria concernente l'aggiornamento e completamento degli studi precedentemente svolti per il porto turistico di Buggerru nonché l'esecuzione dei rilievi, monitoraggi e studi finalizzati alla determinazione degli interventi di difesa del bacino portuale dall'insabbiamento e dall'agitazione interna per tracimazione e penetrazione del moto ondoso. (RTP: MarTech - Dott.geol. M. Pompei - 2007).

⁵ ICRAM ha redatto il documento CII-Pr-SA-SI-01.07_Buggerru che progetta la strategia di caratterizzazione. L'Assessorato ai Lavori Pubblici, ha affidato a PROGEMISA le indagini di caratterizzazione, eseguite nei mesi di maggio e luglio del 2007 in esito alle quali sono stati prodotti i seguenti documenti:

- Piano della caratterizzazione dell'area portuale di Buggerru (Ottobre 2007)
- Gestione dei sedimenti di dragaggio (Ottobre 2007)
- Sperimentazione sulla biodisponibilità dell'arsenico contenuto nelle sabbie dell'arenile di Buggerru (Aprile 2008)
- Analisi di rischio dei sedimenti dell'arenile di Buggerru (Aprile 2008).

- opere di dragaggio dell'intero bacino portuale;
- il trattamento⁶ dei sedimenti di risulta del dragaggio che risultano contaminati (con metodiche di soil washing);
- il riutilizzo dei sedimenti sabbiosi trattati per ripascimento e "capping" dell'arenile della cala di Buggerru;
- opere (pennelli sporgenti al promontorio del Nido dell'Aquila e al molo sopraflutto) finalizzati alla stabilizzazione morfologica dell'arenile;
- realizzazione di opere foranee idonee a ridurre il fenomeno di insabbiamento;

Si evidenzia che le opere previste nel "Progetto di fattibilità tecnica ed economica delle opere di completamento e dragaggio del porto e messa in sicurezza dell'arenile della cala di Buggerru 2017" non interferiscono con le possibili opere di bonifica e/o messa in sicurezza delle sorgenti di contaminazione individuate.

1.3 - Il presente "Piano delle indagini integrative" intende completare la conoscenza e la caratterizzazione ambientale dell'area portuale e della Cala di Buggerru con specifico riferimento alle opere in progetto e al Decreto 15 luglio 2016, n. 172, Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei siti di interesse nazionale. Le indagini integrative sono propedeutiche alla redazione della successiva fase di progettazione definitiva.

Il presente piano di indagine è stato redatto a partire dai risultati delle precedenti indagini (2007/2008) ed è finalizzato a:

- delineare il modello concettuale del sito in relazione alle opere previste, individuando: le sorgenti di contaminazione; le vie di migrazione; i bersagli della contaminazione.
- verificare e/o integrare lo stato dell'arte relativo alla conoscenza del grado di contaminazione dei sedimenti da dragare nell'area portuale di Buggerru, dei sedimenti dell'arenile e dei fondali antistanti⁷.
- completare il quadro completo dei dati chimici, microbiologici ed eco-tossicologici, utili alla gestione e movimentazione dei sedimenti marini oggetto di dragaggio e soil washing e prevedere l'assetto ambientale dell'area dopo le operazioni di ripascimento e di "capping" .

Il piano contiene e documenta le specifiche tecniche per l'esecuzione delle attività di campo e di laboratorio (esecuzione dei sondaggi, procedure di campionamento, misure di campo, modalità di identificazione, conservazione e trasporto dei campioni, metodiche analitiche, ecc.) che, una volta approvate dalle Autorità Competenti, prima dell'inizio dei lavori, costituiranno il protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito.

⁶ Il livello e le modalità di trattamento con metodi di "soil washing" sarà definito in fase di progettazione definitiva tenendo conto degli approfondimenti previsti nel presente Piano di indagini integrative.

⁷ Il "Piano della Caratterizzazione dell'area portuale di Buggerru" redatto da Progemisa nel 2007 non copre tutta l'area di intervento prevista nel Progetto Preliminare; le indagini hanno ormai dieci anni ed è opportuno verificarne la attualità con strategie di caratterizzazione adeguate alle evoluzioni normative (D.M. 7 novembre 2008 e ss.mm.ii.); è infine opportuno dare seguito agli approfondimenti richiesti nella Conferenza di Servizi Istruttoria del 13/5/2009 (biodisponibilità dei metalli, test di speciazione, prove di bioaccumulo su organismi marini).

2 - INTRODUZIONE

Le prime opere portuali di Buggerru furono realizzate tra il 1870 e 1890 a servizio delle attività minerarie e consistevano, sostanzialmente in una banchina di riva realizzata a ridosso del promontorio di Punta Banderuola che chiude a sud la Cala in cui si affaccia il centro abitato. Nel 1980 nell'ambito di un programma regionale relativo ai Porti di "quarta classe" (turistico/pescherecci) furono iniziati i lavori di costruzione di una diga foranea a protezione della vecchia banchina di riva Sud Ovest. La costruzione di questa diga, radicata sull'estremità del promontorio a Sud dell'ansa della spiaggia di Buggerru e orientata in direzione NE (37°), ben presto innescò un importante fenomeno di insabbiamento; con successivi interventi fu tentato di far fronte a tale fenomeno sia mediante il prolungamento della diga foranea e successivamente mediante la realizzazione di un molo sottoflutto radicato a NE dello specchio acqueo e orientato in direzione NW (235°); sempre per limitare l'ingressione dei sedimenti all'interno del bacino portuale, ma senza successo, si realizzò anche un pennello radicato su tale molo sottoflutto, ad esso ortogonale orientato a NE. Un intervento più radicale fu realizzato negli anni 1992 ÷ 94 con la realizzazione di un nuovo molo foraneo di sopraflutto con lo scopo di orientare l'imboccatura del porto a Sud-Ovest anziché a Nord-Est. Nel 1993 fu effettuato anche il dragaggio del bacino portuale. Tuttavia il processo di accumulo dei materiali all'interno del porto non si arrestò.

Attualmente il porto di Buggerru, è costituito da due moli foranei principali, un molo interno (ex molo di sottoflutto) e tre banchine di riva che racchiudono uno specchio acqueo della superficie complessiva di circa 6 ha.

Il molo sopraflutto costruito negli anni 1992-1994 si sviluppa per un tratto di circa 50 m verso Nord (353°) prosegue per circa 190 m verso Nord Ovest (308°) e per un tratto di circa 110 m verso Ovest (263°). L'attuale molo sottoflutto (realizzato con funzioni di molo sopraflutto a partire dal 1980) è radicato nell'estremità del promontorio roccioso con cui terminano verso nord le alte falesie di Planu Sartu, si sviluppa per circa 270 m verso Nord-Est (37°) e prosegue con un breve tratto di 30 m verso Est (103°). Il molo interno è radicato a terra e si sviluppa per circa 180 m verso Nord Ovest (235°).

Attualmente all'imboccatura secondaria del porto compresa tra il molo di sottoflutto e il molo interno è presente un vasto accumulo di sedimenti sabbiosi e l'accesso agli specchi acquei interni è limitato alle piccole imbarcazioni da pesca e ai piccoli natanti da diporto con pescaggio ridotto.

Lungo la banchina di riva Sud-Ovest l'accumulo di sedimenti ha formato una spiaggia interna allo specchio acqueo portuale inibendo l'uso delle infrastrutture portuali.

La banchina di riva Sud-Est appare meno interessata dall'insabbiamento e conserva fondali sufficienti all'accosto di imbarcazioni ma resi inutili dalla pressoché totale ostruzione del canale di accesso.



Fig.1 -Stato attuale del porto di Buggerru (Foto zenitale Google Earth 14 aprile 2013)

Nel 2012, in seguito alla convenzione tra la Regione Sardegna Assessorato dei Lavori Pubblici e il comune di Buggerru, relativa all'attuazione dell'opera pubblica denominata "Bonifica e ripristino della agibilità di una parte del porto turistico di Buggerru" (cod. PIA CA 01.79/I.AA.R), dell'importo complessivo di €_1.600.000,00 ha predisposto tramite l'Ufficio Tecnico dell'Unione dei Comuni "Metalla e il Mare" un progetto preliminare rispondente alle finalità di: *Ripristinare nel più breve tempo possibile l'agibilità di una parte significativa degli specchi acquei portuali; mitigare il fenomeno d'insabbiamento; evitare la dispersione dei sedimenti sabbiosi sia per la rilevata presenza di contaminanti inorganici ma anche in relazione a possibili futuri riutilizzi.*

Ha in seguito affidato in gara, la progettazione definitiva, esecutiva, direzione dei Lavori e sicurezza delle opere di "Ripristino dell'agibilità del porto di Buggerru".

Il progetto Definitivo presentato comprendeva le seguenti opere:

- Dragaggio dei fondali di una parte del porto (circa 2/3 del bacino portuale).
- Deposito temporaneo dei sedimenti dragati (tal quali) in depositi interni all'area portuale in modo da consentirne il futuro recupero e reimpiego nella costruzione di manufatti di calcestruzzo da utilizzare per le opere di



completamento e ampliamento delle dighe foranee e previo trattamento disinquinante per opere di messa in sicurezza, capping, ripascimento dell'arenile.

- Realizzazione di pennelli a scogliera interni al porto in prossimità dell'imboccatura per ridurre le correnti di risacca e l'azione del moto ondoso internamente al porto.
- Opere di riassetto degli ormeggi

Il progetto definitivo è stato approvato Delibera Giunta Comunale n. 18 del 08-05-2013 per un importo complessivo di €_1.600.000,00 ed è stato trasmesso al Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti che lo ha approvato per l'aspetto tecnico ed economico con voto 89/CA del 11.02.2014 e ai sensi della procedura designata dall'art. 5 della Legge 84/94 ha provveduto a trasmetterlo al Ministero dell'Ambiente con nota 8508 del 18.11.2013.

La Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ricevuto il progetto (prot. 55290/TRI/DI del 15.11.2013) ha ritenuto che dovesse essere assoggettato a procedura di VIA (nota D.G. Tutela Territorio e R.I. prot.0013339/TRI del 14.05.2014) evidenziando le seguenti motivazioni:

"I progetti di sviluppo pregressi e il piano regolatore del porto non sono mai stati assoggettati a procedura di VIA;

La criticità della gestione dei sedimenti da dragare, la necessità di una valutazione complessiva degli impatti anche sui futuri fenomeni di insabbiamento e la necessità di valutare le interferenze con la futura bonifica del sito; la provvisorietà dell'intervento senza un chiaro programma di dismissione delle colmate temporanee e provvisorie e la necessità di individuare un sito definitivo dei sedimenti da dragare; la mancanza di un quadro progettuale complessivo di assetto portuale che consenta la risoluzione dei problemi di insabbiamento"

In considerazione delle incertezze sugli esiti di una procedura di VIA a cui assoggettare il progetto definitivo disponibile alla luce delle criticità evidenziate dal Ministero dell'Ambiente, alla probabile richiesta di aggiornamento, dopo quasi dieci anni del Piano di Caratterizzazione (Progemisa 2007) in seguito all'evoluzione normativa (D.M.Ambiente 7 novembre 2008 e D.M. 4 agosto 2010) che avrebbe ulteriormente diminuito i fondi a disposizione per le opere, il Comune di Buggerru non ha dato seguito al progetto e si è attivato per reperire ulteriori risorse finanziarie.

Attualmente le risorse finanziarie disponibili ammontano a circa € 9.000.000,00 ripartite sui seguenti finanziamenti:

€ 1.600.000 - Programma Integrato d'Area CA 04 – cod PIA CA01.79/1AA.R

€ 100.000 - Programma Integrato d'Area CA 01 – cod PIA CA 01.79/2.AA.R somme già erogate al comune

€ 2.500.000 - DELIBERAZIONE RAS N. 22/1 DEL 7.5.2015 - Opere ed infrastrutture di competenza ed interesse regionale. Piano regionale delle infrastrutture. Legge regionale 9 marzo 2015, n. 5, art. 4 e art. 5, comma 13.- risorse regionali non soggette a scadenza

€ 5.000.000 DELIBERAZIONE RAS N. 24/8 DEL 19.5.2015 - Riprogrammazione di quota delle risorse del Piano Sulcis, ai sensi dell'art. 6 della legge regionale 9 marzo 2015, n. 5

Dalle quali va dedotta la somma di € 280.799,64 di spese già sostenute dal Comune (interventi di emergenza e spese tecniche).

Il Comune di Buggerru ha pertanto ritenuto opportuno rimodulare la convenzione con il progettista incaricato e predisporre il progetto di fattibilità tecnica ed economica con la finalità di tracciare il piano di sviluppo futuro del Porto e individuare all'interno di un quadro programmatico generale le opere prioritarie eseguibili con i finanziamenti disponibili per dare agibilità al Porto di Buggerru nei tempi più brevi possibili.

Nel progetto di fattibilità tecnica ed economica si è tenuto conto anche delle risorse finanziarie da destinare all'integrazione delle indagini di caratterizzazione del sito.

Tra le non molte alternative progettuali possibili è stata scelta quella che presenta la maggior "sostenibilità" e che presenta indubbi vantaggi in relazione alla sinergia con le altre importanti criticità nell'ambito litoraneo e portuale.

La scelta progettuale adottata è infatti funzionale alla risoluzione e/o mitigazione dei seguenti diversi problemi

- Riutilizzo nello stesso ambito della massima parte delle sabbie provenienti dal dragaggio.
- Stabilizzare l'arenile della Cala di Buggerru, soprattutto nella parte Nord in cui l'erosione pregiudica la stabilità del piede della scarpata artificiale della discarica di detriti minerari.
- Minimizzare la dispersione dei sedimenti verso il largo riducendone la mobilità nel tratto litoraneo antistante la Cala di Buggerru e riducendo il trasporto dei sedimenti verso gli specchi acquei portuali.
- Mettere in sicurezza l'arenile inquinato mediante la realizzazione di un "capping pulito" con l'impiego delle sabbie di dragaggio depurate con tecniche di "soil washing".

A tale scopo sono state previste le seguenti opere:

- Opere a scogliera della tipologia a "pennello non trascinabile" posizionate a "chiusura" della baia compresa tra il molo sopraflutto del porto e il promontorio di "Nido dell'Aquila";
- Dragaggio generale del bacino portuale e ripristino dell'agibilità;
- Ripascimento e riprofilatura dell'arenile con il riutilizzo delle sabbie pulite provenienti dai lavori di dragaggio dopo il trattamento di "soil washing" in modo da costituire un "capping" di messa in sicurezza dell'arenile.
- Prolungamento del molo sopraflutto in modo da ridurre significativamente il fenomeno di insabbiamento.
- Riutilizzo di parte delle sabbie di dragaggio per il confezionamento dei calcestruzzi (massiccio di coronamento del molo sopraflutto, muri paraonda, massi artificiali e tetrapodi per la costruzione delle scogliere) per minimizzare il volume delle sabbie da trattare e realizzare significative economie.
- Il quadro economico del progetto preliminare prevede anche l'attuazione del presente "Piano delle indagini integrative" per il completamento della caratterizzazione ambientale e geotecnica delle aree interessate dalle opere

in progetto in modo da disporre di un quadro completo necessario alla predisposizione della successiva fase di Progettazione Definitiva e di Studio di Impatto Ambientale.

3 - MODELLO CONCETTUALE E STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

3.1 - Modello concettuale

Il modello concettuale sintetizzato di seguito, si basa sui risultati del "Piano della Caratterizzazione dell'area portuale di Buggerru" eseguito da PROGEMISA (2007) per conto della Regione Autonoma Sardegna Assessorato dei Lavori Pubblici⁸.

Per gli aspetti geologici, per l'analisi del contesto fisiografico, geomorfologico e idrogeologico del sito, per gli aspetti sedimentologici mineralogici e petrografici dei sedimenti dell'area portuale e della cala di Buggerru, per l'analisi della dinamica meteomarina del paraggio e per l'analisi delle dinamiche di trasporto litoraneo dei sedimenti, si è fatto riferimento ai contenuti dello studio effettuato dal R.T.I. MarTech - Dott.geol. M. Pompei (2007)⁹ condotto per conto della Regione Autonoma della Sardegna Ass.LL.PP.

Lo studio è finalizzato alla ricerca di soluzioni progettuali atte a limitare i fenomeni di penetrazione del moto ondoso e di insabbiamento dei fondali all'interno del porto di Buggerru.

3.1.1 - Sorgenti di contaminazione

Gli studi precedenti hanno individuato le sorgenti di contaminazione primaria nelle opere connesse all'attività mineraria tuttora presenti e adiacenti all'arenile. In particolare sono stati individuati a nord-est dell'arenile, una discarica di materiale prevalentemente grossolano, residuo della cernita preliminare, a sud-est i vecchi bacini fanghi degli impianti ora trasformati, senza operazioni di bonifica ma semplicemente spianati e ricoperti, in aree di parcheggio per camper e comprendono anche un campo da calcio.

Durante le attività minerarie (terminate definitivamente negli anni '70 del secolo scorso), gli scarti del trattamento con granulometria fine venivano scaricati direttamente in mare nel tratto antistante la laveria. L'azione del mare caratterizzata dalla particolare esposizione del paraggio ai venti dominanti (maggior forza) e regnanti (maggior

⁸ ICRAM ha redatto il documento CII-Pr-SA-SI-01.07_Buggerru che progetta la strategia di caratterizzazione. L'Assessorato ai Lavori Pubblici, ha affidato a PROGEMISA le indagini di caratterizzazione, eseguite nei mesi di maggio e luglio del 2007 in esito alle quali sono stati prodotti i seguenti documenti:

- Piano della caratterizzazione dell'area portuale di Buggerru (Ottobre 2007)
- Gestione dei sedimenti di dragaggio (Ottobre 2007)
- Sperimentazione sulla biodisponibilità dell'arsenico contenuto nelle sabbie dell'arenile di Buggerru (Aprile 2008)
- Analisi di rischio dei sedimenti dell'arenile di Buggerru (Aprile 2008).

⁹ Servizio di ingegneria concernente l'aggiornamento e completamento degli studi precedentemente svolti per il porto turistico di Buggerru nonché l'esecuzione dei rilievi, monitoraggi e studi finalizzati alla determinazione degli interventi di difesa del bacino portuale dall'insabbiamento e dall'agitazione interna per tracimazione e penetrazione del moto ondoso. (RTP: MarTech - Dott.geol. M. Pompei - 2007).

frequenza e durata) con frequenti mareggiate, nel corso del tempo hanno causato fenomeni di risospensione dei detriti accumulati nell'arenile determinando un rimaneggiamento dei sedimenti della spiaggia sommersa ed emersa.

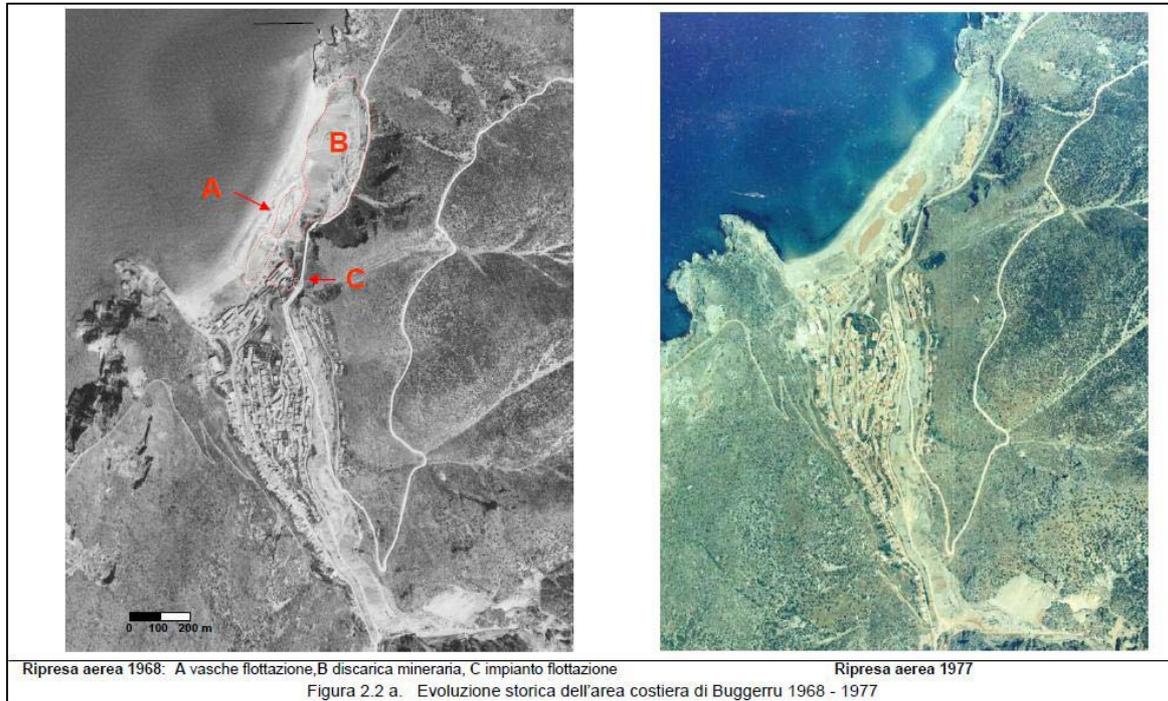


Fig.2 -Sorgenti di Contaminazione

(Da Piano della Caratterizzazione dell'Area Portuale di Buggerru - Relazione Tecnica PROGEMISA 2007)

“La presenza, subito a monte del porto e dell'arenile, dell'impianto dismesso di trattamento mineralurgico, dei residui del trattamento dispersi e intervallati ai sedimenti naturali e della discarica di coltivazione, rappresentano infatti la sorgente di contaminazione principale. Le analisi mineralogiche pregresse hanno confermato che il principale minerale oggetto dell'attività estrattiva, la smithsonite ($ZnCO_3$), è sempre presente nei sedimenti. La concentrazione di piombo è in relazione alla galena (PbS), mentre il cadmio è un elemento vicariante dello zinco nella composizione della smithsonite, ed è quindi in correlazione diretta con quest'ultima. Anche i sedimenti marini esterni al porto presentano concentrazioni superiori alle CSC per i contaminanti suddetti, evidenziando la diffusione della contaminazione a cui ha contribuito la dinamica costiera, particolarmente intensa in questa zona.”¹⁰

L'insieme dei sedimenti che costituiscono la spiaggia sommersa e la spiaggia emersa costituiscono la sorgente secondaria di contaminazione che riguarda una superficie complessiva di circa 263.000 m² (di cui circa 38.000 m² spiaggia e arenile emerso, 65.000 m² bacino portuale e circa 160.000 m² spiaggia sommersa e fondali antistanti la cala di Buggerru fino alla batimetrica di - 8 m).

Le sabbie prelevate all'interno del porto di Buggerru hanno evidenziato caratteristiche omogenee in quanto sono risultati costituiti quasi esclusivamente da sabbie medie e grossolane debolmente addensate, ben classate con una

¹⁰ Piano della Caratterizzazione dell'area portuale di Buggerru Progemisa 2007 pag 63/64

frazione ghiaiosa presente in scarsa percentuale e una limo-argillosa pressoché assente, con granulometria¹¹ crescente con la profondità e l'arrotondamento dei grani tipico di ambienti costieri.

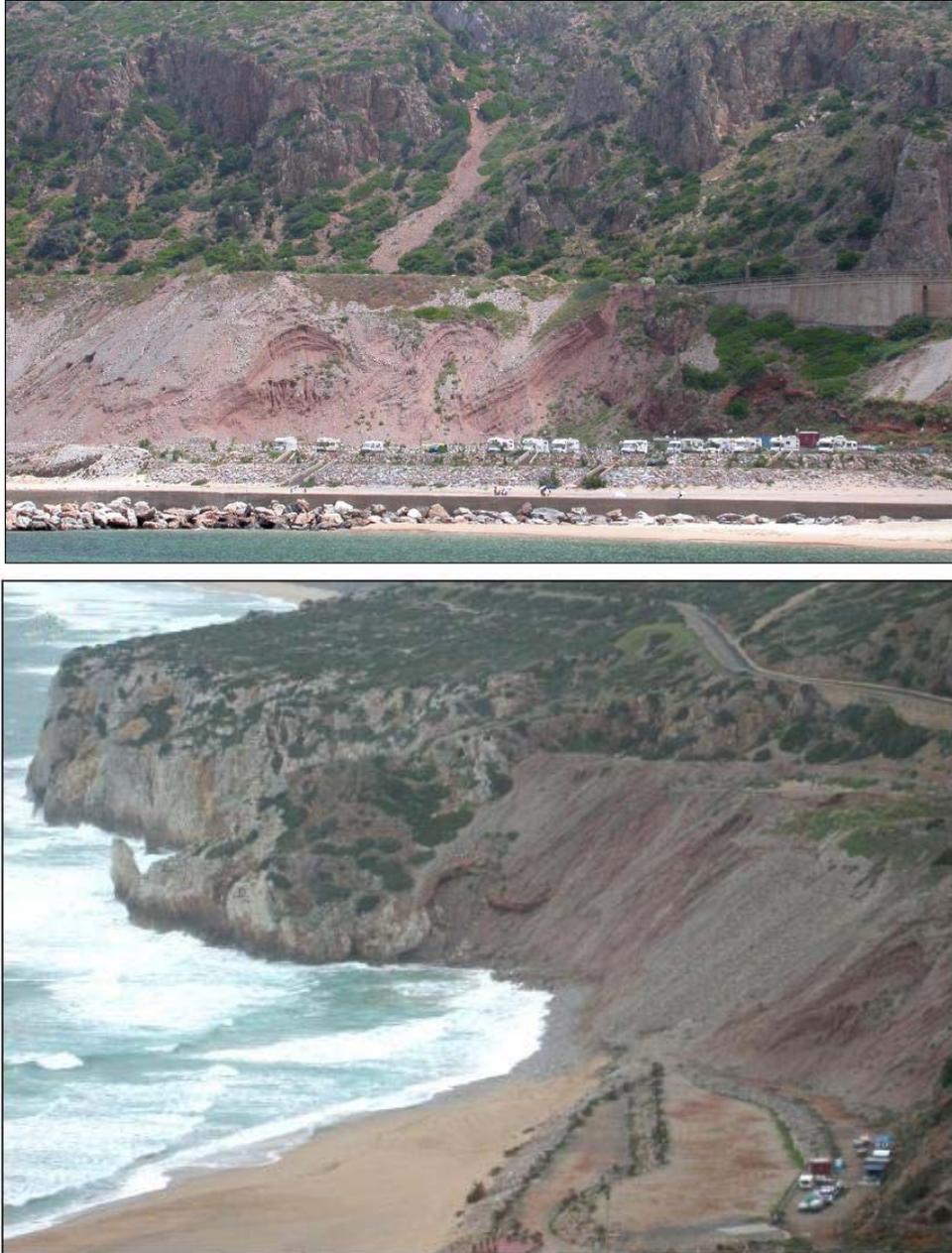


Fig.3 a-Discariche minerarie nella Cala di Buggerru

¹¹ La distribuzione granulometrica evidenzia una composizione mediamente sabbiosa dei sedimenti dei fondali, con una netta prevalenza della classe tra 2 e 0.063 mm (93,2 %).

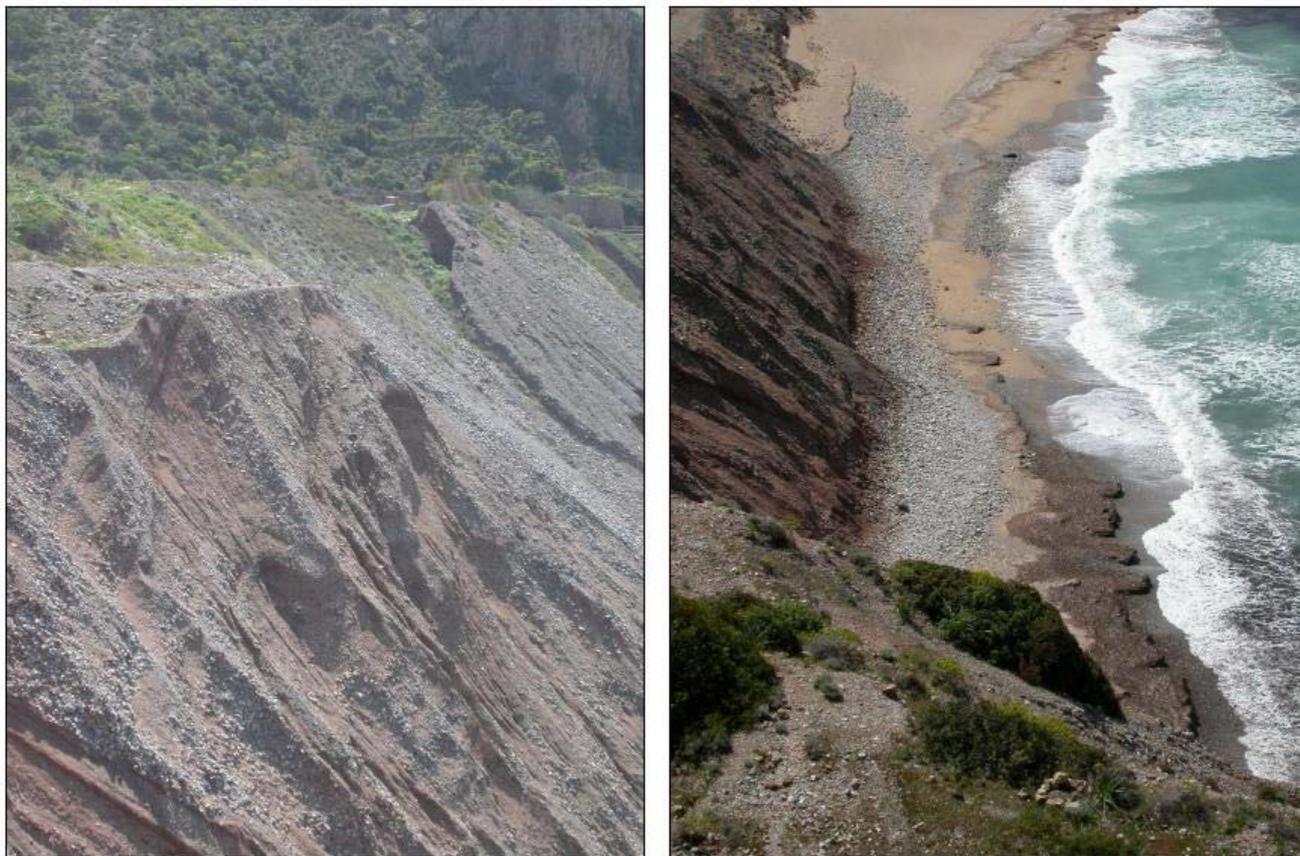


Fig.3 b-Discariche minerarie nella Cala di Buggerru

3.1.2 - Percorsi e vie di migrazione dei contaminanti

La migrazione dei contaminanti dalle sorgenti primarie, avviene prevalentemente per dilavamento lungo le sponde delle discariche, sommariamente confinate e per percolazione attraverso lo strato stesso di detriti altamente permeabile. La sorgente secondaria è caratterizzata dalla mobilità dei sedimenti ad opera delle dinamiche marine litoranee. Lo studio delle correnti di moto ondoso e le analisi sedimentologiche, mineralogiche e petrografiche¹² delle sabbie della cala di Buggerru e quelle responsabili dell'insabbiamento del porto, hanno evidenziato concordemente, che il trasporto/accumulo in corrispondenza del porto avviene per apporti di sedimento provenienti in massima prevalenza dallo stesso paraggio di Buggerru, escludendo quasi totalmente apporti provenienti dalle spiagge a nord (San Nicolò e Portixeddu).

L'analisi idrologica e la posizione geografica del sito fanno escludere la presenza di un acquifero utilizzabile.

¹² Cfr. Servizio di ingegneria... RTP: MarTech - Dott.geol. M. Pompei - 2007.



Fig.4 -Dispersione dei sedimenti verso il largo

3.1.3 - Bersagli della contaminazione e modalità di esposizione.

Il principale bersaglio della contaminazione è costituito dai frequentatori dell'arenile individuati nei bagnanti, in relazione all'uso balneare della spiaggia nella stagione estiva e durante tutto l'arco dell'anno agli sportivi che frequentano il sito per praticare il surf da onda e la pesca con la canna dalla spiaggia e dai moli (*surfcasting*).

In considerazione dell'utilizzo del sito le modalità di esposizione possibili sono principalmente l'ingestione (*soprattutto attraverso l'acqua di mare torbida, escludendo l'ingestione diretta della sabbia*) e il contatto dermico. L'incidenza dei contaminanti dei sedimenti sull'ecosistema ed eventualmente sulla salute di coloro che consumano prodotti della pesca è piuttosto complesso, un'indicazione significativa può essere dedotta mediante test di bioaccumulo su organismi filtratori e detritivori.

3.2 - Strategie di campionamento

La matrice ambientale da indagare è costituita essenzialmente dai sedimenti sabbiosi che costituiscono l'arenile della Cala di Buggerru intesa come l'insieme della spiaggia emersa, della spiaggia sommersa e dall'accumulo di sedimenti all'interno del bacino portuale per effetto delle dinamiche di trasporto marino; tutti questi sedimenti sono infatti interessati dai lavori di dragaggio e di ripascimento previsti nel Progetto di fattibilità tecnica ed economica.

L'ubicazione delle stazioni di campionamento del presente "Piano di indagini integrative" ha tenuto conto della perimetrazione dell'area d'indagine e della ubicazione delle stazioni di campionamento del Piano della Caratterizzazione dell'Area Portuale di Buggerru PROGEMISA 2007.



Fig.5 - a-b- Area di indagine e stazioni di campionamento del Piano della Caratterizzazione dell'Area Portuale di Buggerru PROGEMISA 2007

L'ubicazione delle stazioni di campionamento previste nel presente piano di indagini integrative è stato stabilito con le seguenti finalità:

- estendere le indagini alle aree interessate dalle opere in progetto che non erano state precedentemente indagate;

- indagare lo stato dei fondali nei punti in cui l'analisi delle correnti di moto ondoso ha messo in evidenza la maggior mobilità dei sedimenti;
- indagare lo stato dei fondali nei punti in cui dovranno sorgere le nuove opere a scogliera;
- indagare lo stato della spiaggia emersa e sommersa nella quale sarà effettuato il ripascimento e il capping.

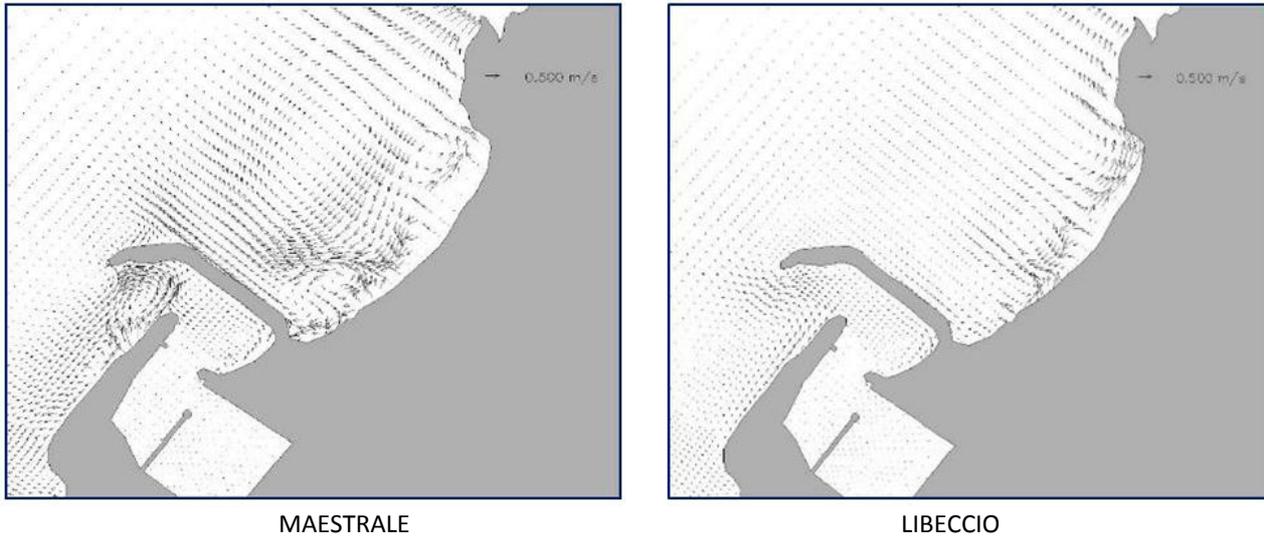


Figura 6 - Analisi vettoriale delle correnti litoranee (studio MarTech)

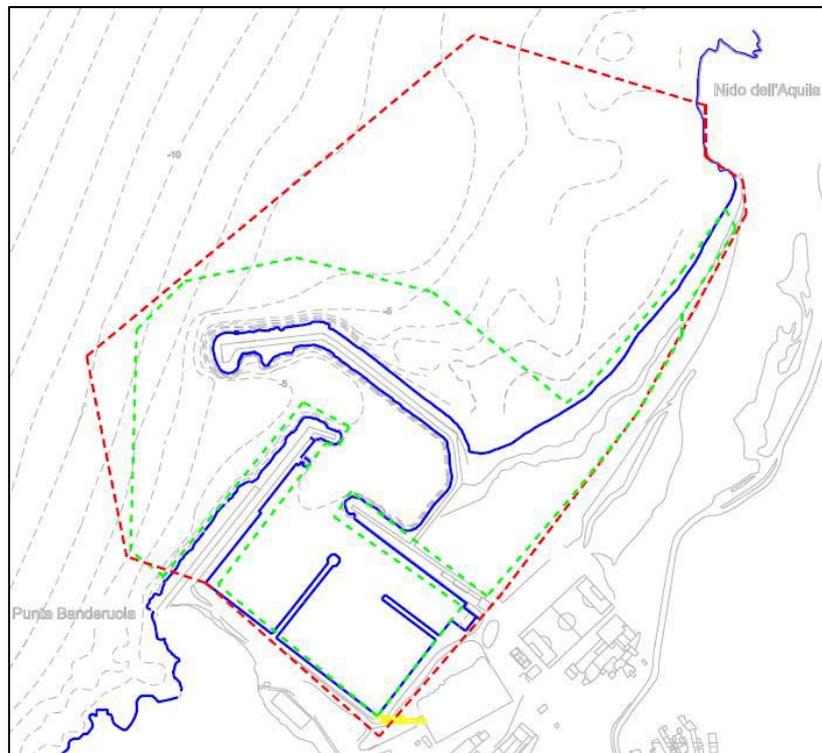


Figura 7 - Area delle indagini integrative (rosso 33 ha) [Area indagata Progemisa 2007 (verde 17 ha)]

3.3 - Posizionamento dei punti di indagine

Per il dimensionamento del piano di indagine, ed in particolare per la determinazione del numero di sondaggi da realizzare, si è tenuto conto delle indagini già eseguite, delle caratteristiche idrauliche marine del paraggio e delle caratteristiche geomorfologiche omogenee dei fondali; la distribuzione tiene conto della ubicazione delle opere da realizzare, previste in progetto, molo, pennelli a scogliera e del previsto ripascimento e capping dell'arenile.

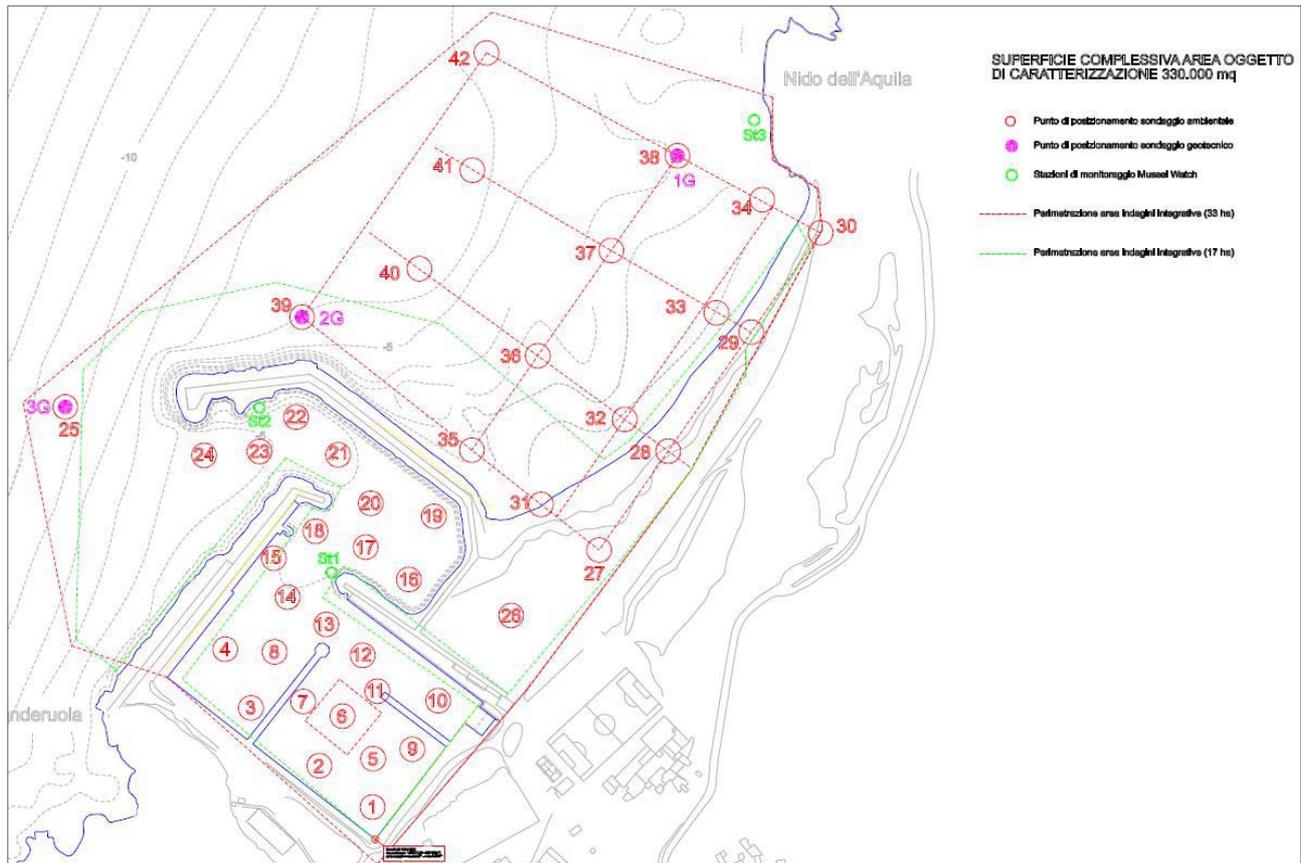


Figura 8 - Area delle indagini integrative con posizione delle stazioni di campionamento

I punti di sondaggio numerati come nella Fig. 8 sono stati ubicati con i seguenti criteri:

- 21 sondaggi (numerati da 1 a 21) interni al bacino portuale (circa 1 ogni 2500 m² corrispondente a una maglia 50x50) distribuiti in modo da intercettare ciascuno una specifica area omogenea in relazione allo stato attuale del porto e alle dinamiche di insabbiamento.
- 4 sondaggi (da 22 a 25) sono stati ubicati nell'avamposto in punti con dove gli studi idraulico-marini hanno evidenziato correnti di trasporto particolarmente attive (22, 23, 24) e (25) in un area interessata dalle opere di prolungamento del molo sopraflutto.
- Un sondaggio (n.26) sull'arenile a est del porto da cui provengono, per trasporto eolico le sabbie superficiali che contribuiscono all'insabbiamento del porto (area già indagata nello studio Progemisa 2007).

- Una serie di 16 sondaggi (numerati da 27 a 42) distribuiti su 4 transetti ortogonali alla spiaggia distanti circa 100 m l'uno dall'altro in modo da coprire tutta l'area interessata dalle opere.

Questi punti di campionamento sono stati riposizionati in seguito alle osservazioni di ARPAS e ISPRA del 20/10/2017 sulla prima bozza di revisione trasmessa, sempre rispettando il criterio del transetto ma adeguandoli alla morfologia del fondale e all'andamento della linea di costa. Il riposizionamento è stato elaborato seguendo maggiormente le isobate, tuttavia poiché i fondali antistanti la spiaggia fino a profondità di $-6 \div -8$ m sono caratterizzati da una notevole mobilità stagionale, la posizione delle stazioni di campionamento dovrà essere verificata ed eventualmente adeguata in fase esecutiva in modo che le 4 stazioni di campionamento (a,b,c,d) su ciascun transetto siano ubicate come segue:

(a) sulla spiaggia emersa; a distanza di circa 50m dal successivo (b)

(sondaggi n. 27 - 28 - 29 - 30);

(b) in prossimità della battigia, su fondali di profondità compresa tra $-0,50 \div -1$ m

(sondaggi n. 31 - 32 - 33 - 34; tali punti dovranno essere tracciati per primi).

(c) su fondali di profondità compresa tra $-2 \div -4$ m ;

(sondaggi n. 35 - 36 - 37 - 38)

(d) su fondali di profondità compresa tra $-5 \div -8$ m ;

(sondaggi n. 39 - 40 - 41 - 42)

- I sondaggi n.38 e n.39 sono ubicati rispettivamente in corrispondenza del sedime di imbasamento del pennello a scogliera radicato al promontorio Il Nido dell'Aquila e del sedime di imbasamento del pennello radicato al gomito del molo sopraflutto la cui realizzazione è prevista in progetto.
- I sondaggi 23, 24, 25, 35, 38 sono ubicati in zone dove gli studi idraulico-marini hanno evidenziato correnti di trasporto particolarmente attive e i sondaggi 33, 34 in una zona particolarmente soggetta a erosione marina.

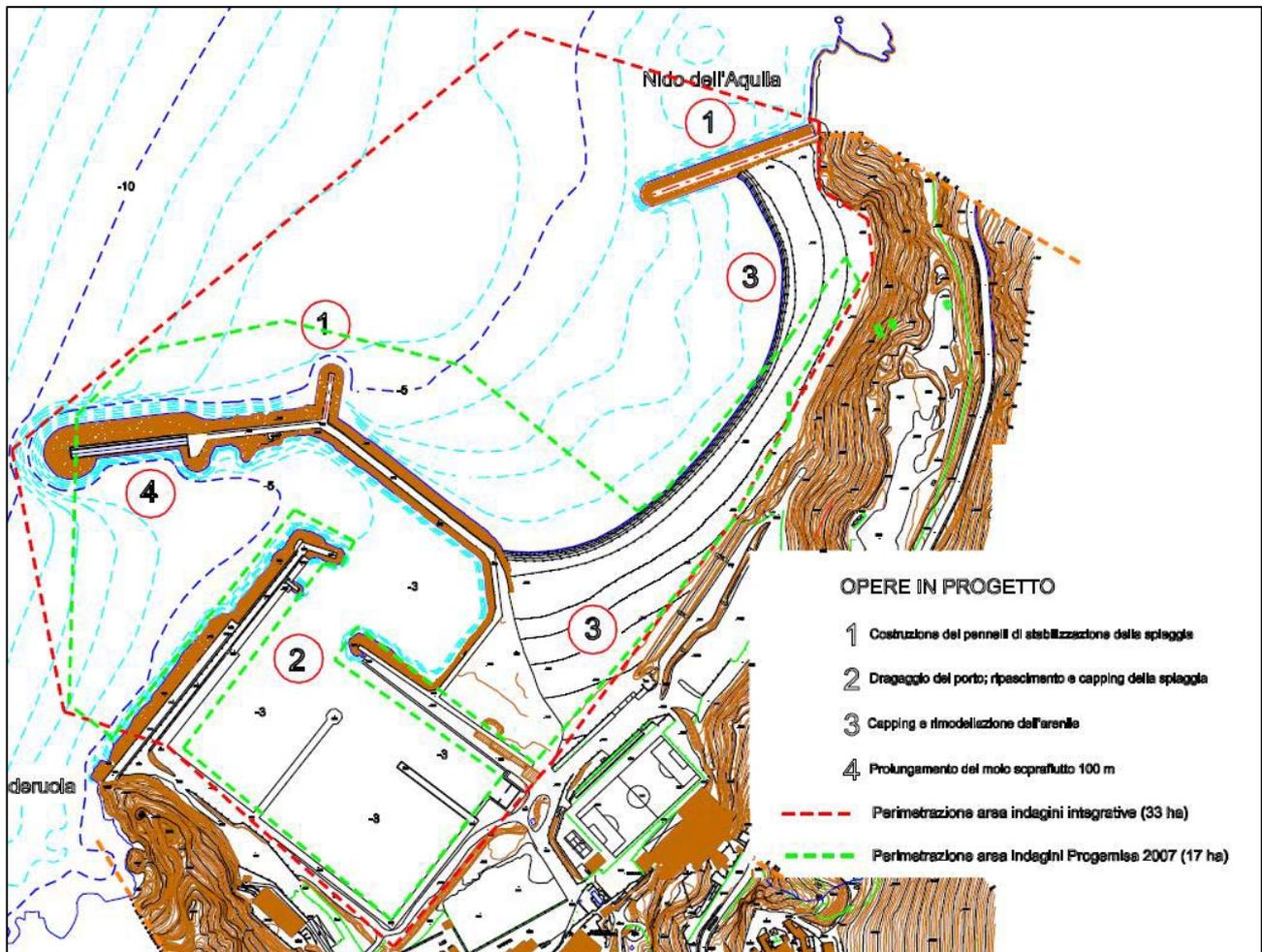


Fig. 9 - Sovrapposizione area di indagine con le opere previste nel Progetto Preliminare

(1) pennelli di stabilizzazione dell'arenile - (2) dragaggio - (3) ripascimento e "capping" della spiaggia - (4) prolungamento molo sopraflutto

3.4 - Numero tipologia e profondità di campionamento

Le profondità di campionamento sono stabilite dall'allegato A del D.M. Ambiente 7 novembre 2008.

In generale deve essere prelevata una carota di lunghezza superiore di 0,50m rispetto allo spessore di sedimento da dragare. Quest'ultimo approssimato ai 0,50m successivi.

Nei punti di indagine dove la profondità di escavo è inferiore a 2,00m la profondità da raggiungere è comunque 2,00m

3.5 - Scelta dei campioni

La scelta dei campioni è regolamentata dall'allegato A del D.M. del 7 Novembre 2008.

Il campionamento dovrà essere eseguito a partire dal Top della carota. A seconda dei punti e delle aree interessate il campionamento avrà una diversa finalità:

- I sondaggi effettuati all'interno dei fondali portuali da dragare hanno la finalità di caratterizzare i sedimenti che dovranno essere rimossi e quelli che dovranno rimanere in opera.

- Nei punti dove è prevista la costruzione di opere portuali (moli e pennelli), quello di verificare l'esistenza di contaminazione ed il relativo grado, al fine di valutare eventuali interventi di bonifica preliminari alla realizzazione delle opere.
- I sondaggi effettuati sulla spiaggia emersa e sommersa dell'arenile della Cala di Buggerru hanno lo scopo di conoscere lo stato attuale del suolo e del sottosuolo ai fini di valutare gli effetti delle opere di ripascimento e di capping.

In funzione della profondità dell'escavo e quindi della lunghezza delle carote, la scelta, e quindi il numero dei campioni da prelevare da ciascuna carota, dovrà seguire quanto di seguito riportato:

Per quota di escavo (spessore di sedimenti da escavo) inferiore a 2,00 m si dovrà procedere al prelievo di 4 sezioni di 0,50 m consecutive; per quota di escavo (spessore di sedimenti da escavo) superiore a 2,00 m si dovrà procedere al prelievo di 4 sezioni di 0,50 m consecutive come da caso precedente più una sezione di 0,50 m rappresentativa dei sedimenti per ogni metro oltre i primi due; qualora la stratigrafia del sondaggio evidenziasse la presenza di strati omogenei rappresentativi del substrato geologico per il quale si accerti l'assenza di inquinamento, potrà essere prelevata una sezione di 0,50 m rappresentativa dell'intero strato; in presenza di substrato geologico naturale ma stratigraficamente eterogeneo la scelta dei campioni dovrà seguire quanto previsto nel secondo caso (*schema di campionamento indicato B in tabella*).

I sondaggi sull'arenile e in prossimità della battigia con profondità di -2 m a partire dalla quota del suolo; sarà adottato lo schema di campionamento adeguato a quanto indicato da ARPAS, pertanto lo schema prevede la campionatura dei seguenti livelli: 0.00-0.20 m; 0.20-0.50 m; 0.50-1.00 m; 1.00-2.00 m in tal modo i dati saranno meglio confrontabili in relazione a quanto precedentemente eseguito e concordato con ISS e ISPRA sulla verifica dei livelli di contaminazione e l'analisi di rischio relativa alla fruizione dell'arenile (*schema di campionamento indicato B in tabella*)

Nelle tabelle che seguono sono riportate le coordinate Gauss-Boaga dei punti di campionamento, le caratteristiche dei punti di campionamento, le quote del suolo, le quote di progetto, la stima della lunghezza delle carote ed il numero di campioni previsto e lo schema di campionamento (A o B).

La posizione delle stazioni di campionamento e i punti di campionamento previsti nell'area esterna al porto, in fase esecutiva dovranno essere concordati con gli Enti di controllo e adeguati a quanto richiesto dagli Enti. (**Prescrizione 1.a del decreto Decreto Ministero dell'Ambiente del 13.12.2017**).

N	coordinate Gauss Boaga Roma 40/O		ubicazione			quota suolo	quota di progetto	lunghezza della carota	quota fondo foro	n°camp ioni	shema camp.
	longitudine	latitudine	posizione	note caratteristiche							
1	1448275.06	4361454.75	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da natanti	-1,5	-3	2	-3,5	4	Schema di campionam. A
2	1448226.08	4361493.09	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da natanti	-0,5	-3	3	-3,5	6	
3	1448163.04	4361546.75	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	inutilizzato	-0,01	-3	3,5	-3,5	6	
4	1448139.33	4361601.22	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	inutilizzato	-0,01	-3	3,5	-3,5	6	
5	1448275.57	4361499.63	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da natanti	-1,5	-3	2	-3,5	4	
6	1448247.38	4361539.09	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da natanti	-1	-3	2,5	-3,5	5	
7	1448211.12	4261552,73	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da natanti	-1,5	-3	2	-3,5	4	
8	1448184.77	4361598.72	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da natanti	-1	-3	2,5	-3,5	5	
9	1448311.69	4361508.42	porto - darsena interna	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da natanti	-1,5	-3	2	-3,5	4	
10	1448217.82	4361630.69	porto - darsena pescatori e cantiere	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da imbarcazioni da pesca e per alaggio e varo	-1	-3	2,5	-3,5	5	
11	1448279.46	4361562.27	porto - darsena pescatori e cantiere	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da imbarcazioni da pesca e per alaggio e varo	-1,5	-3	2	-3,5	4	
12	1448265.91	4361595.50	porto - banchina pescatori e cantiere	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da imbarcazioni da pesca	-1,5	-3	2	-3,5	4	
13	1448232.47	4361624.27	porto - banchina pescatori e cantiere	soggetta a insabbiamento	Parzialmente utilizzato da imbarcazioni da pesca	-1,5	-3	2	-3,5	4	
14	1448196.88	4361649.52	porto imboccatura interna	soggetta a insabbiamento	transito natanti	-1	-3	2,5	-3,5	5	
15	1448184.10	4361685.63	avamposto zona insabbiata	soggetta a insabbiamento	inutilizzato	-0,5	-3	3	-3,5	6	
16	1448308.41	4361665.88	avamposto zona insabbiata	soggetta a insabbiamento	uso balneare	-0,01	-3	3,5	-3,5	6	
17	1448268.67	4361695.83	avamposto zona insabbiata	soggetta a insabbiamento	inutilizzato	-0,5	-3	3	-3,5	6	
18	1448331.49	4361724.51	avamposto zona insabbiata	soggetta a insabbiamento	uso balneare	-0,5	-3	3	-3,5	6	
19	1448279.76	4361720.37	avamposto canale d'accesso	soggetta a insabbiamento	transito natanti	-1,5	-3	2	-3,5	4	
20	1448273.38	4361736.58	avamposto canale d'accesso	soggetta a insabbiamento	transito natanti	-2	-3	2	-4	4	
21	1448243.36	4361781.56	avamposto canale d'accesso	soggetta a insabbiamento	transito natanti	-2,5	-3	2	-4	4	
22	1448204.65	4361816.47	avamposto canale d'accesso	soggetta a insabbiamento	transito natanti	-3	---	1	-4	2	
23	1448170.87	4361784.71	avamposto canale d'accesso	soggetta a insabbiamento	transito natanti	-3,5	---	1	-4,5	2	
24	1448119.89	4361781.11	imboccatura porto	zona di forti correnti di trasporto sedimenti	imboccatura	-4	---	1	-5	2	
25	1447992.11	4361825,97	esterno imboccatura	zona di forti correnti di trasporto sedimenti	sedime di imbasamento del prolungamento del molo sopraflutto	-9,5	---	2	-11,5	4	
26	1448402.62	4361632.56	arenile spiaggia emersa	area di provenienza sedimenti soggetti a trsporto eolico		2,7	2,8	2	0,7	4	Schema di campionam. B
27	1448483.63	4361693.27	arenile spiaggia emersa			2,6	2,8	2	0,6	4	
28	1448547.20	4361784.98	arenile spiaggia emersa			2,5	2,8	2	0,5	4	
29	1448623.75	4361895.41	arenile spiaggia emersa			2,6	3	2	0,6	4	
30	1448687.60	4361987.52	arenile spiaggia emersa	piede della scarpata in erosione		2,7	3	2	0,7	4	
31	1448430.10	4361735.54	spiaggia sommersa (0,00 ; -1,00 m)	battigia		0	0,5	2	-2	4	
32	1448507.17	4361814.48	spiaggia sommersa (0,00 ; -1,00 m)	prossimità battigia		-0,8	0,8	2	-2,8	4	
33	1448591,58	4361913,30	spiaggia sommersa (0,00 ; -1,00 m)	prossimità battigia	spiaggia in erosione	-1	0,8	2	-3	4	
34	1448633.80	4362018.26	spiaggia sommersa (0,00 ; -1,00 m)	zona di forti correnti di trasporto sedimenti	spiaggia in erosione	-1,2	1	2	-3,2	4	
35	1448366.38	4361785.87	spiaggia sommersa (- 2,00 ; -4,50 m)	zona di "rip current" verso il largo		-2	-1,50*	1	-3	2	Schema di campionam. A
36	1448427.12	4361873.49	spiaggia sommersa (- 2,00 ; -4,50 m)			-2,5	-2,00*	1	-3,5	2	
37	1448494.80	4361971.12	spiaggia sommersa (- 2,00 ; -4,50 m)			-2,4	-1,90*	1	-3,4	2	
38	1448555.76	4362059.06	spiaggia sommersa (- 2,00 ; -4,50 m)	zona di forti correnti di trasporto sedimenti	sedime di imbasamento pennello a scogliera Nido dell'Aquila	-2,5	-2,00*	2	-4,5	4	
39	1448210.06	4361909.34	fondale sabbioso oltre -5,00 m	zona di "rip current" verso il largo	sedime di imbasamento pennello a scogliera molo sopraflutto	-6	---	2	-8	4	
40	1448318.11	4331954,26	fondale sabbioso oltre -5,00 m			-6	---	1	-7	2	
41	1448366,93	4362045,59	fondale sabbioso oltre -5,00 m			-6	---	1	-7	2	
42	1448379.97	4362154.44	fondale sabbioso oltre -5,00 m	zona di correnti di trasporto sedimenti verso N		-5,8	---	1	-6,8	2	
42	Sondaggi		lunghezza totale dei carotaggi = m		85,5	Totale campioni da prelevare				168	
						Campioni superficiali				42	

Tabella 1 - Sondaggi e campionamenti

(*) Le quote di progetto della spiaggia sommersa sono quelle stimate post ripascimento

In base alle quote di escavo e delle lunghezze delle carote, è stato riportato per ogni sondaggio il numero di sezioni da prelevare.

Si tratta tuttavia di una stima, poiché, per quanto evidenziato, il numero di campioni può variare in relazione alle caratteristiche stratigrafiche e alle quote effettive nei diversi punti di carotaggio.

La scelta dei campioni per le carote lunghe più di due metri dovrà rispettare, così come previsto per le altre tipologie di campioni, quanto stabilito nell'Allegato A del Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 7 novembre 2008; (Prescrizione 1.b del decreto Decreto Ministero dell'Ambiente del 13.12.2017).

N	posizione	coordinate Gauss Boaga Roma 40/O		quota suolo	spessore da indagare	profondità fondo foro	prove
		longitudine	latitudine				
1G	sedime pennello a scogliera radicato al promontorio il nido dell'aquila	1448555.76	4362059.06	-2,0	2,00	-4,00	SPT
2G	sedime pennello a scogliera radicato al molo sopraflutto	1448210.06	4361909.34	-6,0	2,00	-8,00	SPT
3G	sedime del prolungamento del molo sopraflutto	1447992.11	4361825,97	-9,5	2,00	-11,5	SPT

Tabella 2 - Punti di esecuzione indagini geotecniche

3.6 - Risultati e modalità di svolgimento delle indagini

I risultati dalle indagini integrative estendono il quadro conoscitivo già rilevato da Progemisa nel 2007 a tutte le aree interessate dalle opere e consentiranno di confrontare eventuali evoluzioni dello stato della contaminazione, in particolare nei punti di maggior incidenza delle correnti di trasporto dei sedimenti; infine completano la conoscenza degli effetti sull'ecosistema con gli approfondimenti previsti in particolare sui sedimenti che restaranno sui fondali portuali e sui fondali antistanti la Cala di Buggerru dopo la realizzazione delle opere in progetto.

Gli standard qualitativi dei sedimenti nell'area marina costiera, saranno poi valutati con riferimento alle seguenti normative:

* D.Lgs. 152/2006

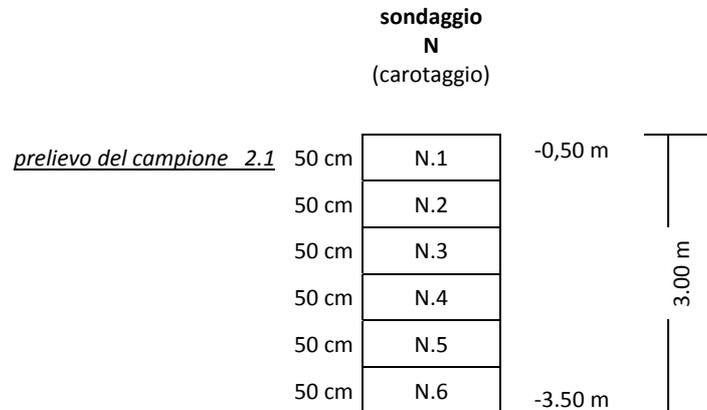
* Direttiva Comunitaria 2000/60/CE (art.4, comma 5) - Prevede che in corpi idrici specifici nei quali, a causa delle ripercussioni dell'attività umana o delle loro condizioni naturali, il conseguimento dell'obiettivo del buono stato chimico ed ecologico non sia fattibile, o sia esageratamente oneroso, è possibile adottare obiettivi ambientali meno rigorosi.

I sondaggi dovranno essere eseguiti esclusivamente con vibrocarotiere sia per i sondaggi a terra che per i fondali, utilizzando una sezione del carotiere con diametro non inferiore ai 10 cm, per garantire il recupero di una quantità di campione sufficiente per l'esecuzione delle analisi richieste.

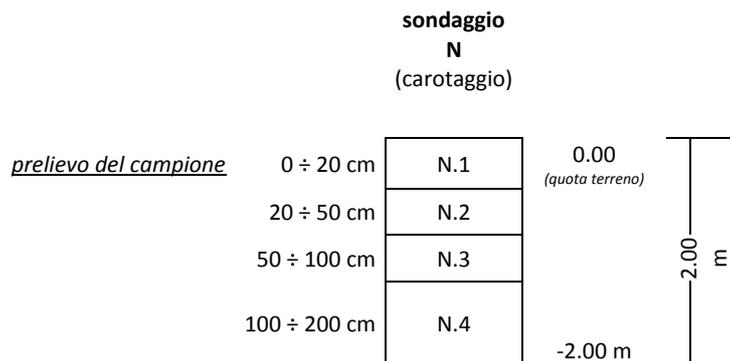
4 - ANALISI PREVISTE

I campioni prelevati dai sondaggi con schema di campionamento A saranno numerati nel seguente modo, esemplificato sul sondaggio generico N con uno spessore da indagare di 3 m (lunghezza della carota); i campioni

saranno nominati a partire dal più superficiale al più profondo (numerazione N.1 - N.2 - N.3 etc) e pertanto denominati come nel seguente schema:



I campioni prelevati dai sondaggi con schema di campionamento B¹³ (campioni prelevati dai sondaggi sugli arenili) saranno numerati nel seguente modo, esemplificato sul sondaggio generico N; lo spessore da indagare è di 2 m (lunghezza della carota) i campioni saranno nominati a partire dal più superficiale al più profondo (numerazione N.1 - N.2 - N.3 -N4) e pertanto denominati come nel seguente schema:



4.1 - Analisi fisiche

Su tutti i campioni prelevati dovranno essere effettuate le seguenti determinazioni:

- Contenuto d'acqua;
- Peso specifico;
- Analisi granulometriche;

La determinazione delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti dovrà prevedere l'individuazione delle principali frazioni dimensionali (ghiaia, sabbia, silt e argilla) secondo le classi dimensionali riportate nella seguente tabella seguente.

Frazioni dimensionali		Dimensioni
GHIAIA		> 2 mm
SABBIA		2 mm > x > 0,063 mm
PELITE	SILT	0,063 mm > x > 0,004 mm
	ARGILLA	< 0,004 mm

Tabella 3 - Analisi fisiche

¹³ Indicazione ARPAS nota del 20/10/2017 "per ottenere dati maggiormente significativi in relazione a quanto già proposto e concordato con ISS e ISPRA sulla verifica dei livelli di contaminazione e l'analisi di rischio relativa alla fruizione dell'arenile".

La caratterizzazione della frazione pelitica nelle frazioni silt e argilla è richiesta per tutti i campioni aventi contenuti di frazione pelitica maggiore del 10%. Per tale analisi si consiglia l'uso di un sedigrafo a raggi X o di un granulometro laser, oppure di strumentazione idonea a fornire tale informazione analitica. Dei sedimenti dovrà inoltre essere effettuata una descrizione macroscopica, colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale o antropica e descritte le principali caratteristiche mineralogiche con riferimento agli studi pregressi.

4.2 - Analisi chimiche

Sui campioni prelevati dovranno essere effettuate le determinazioni della tabella riportata alla pagina seguente:

Specie chimica	Singoli Parametri	Numero di determinazioni da effettuare
Metalli	Al	Su tutti i campioni prelevati
	As	
	Cd	
	Cr totale	
	Cu	
	Fe	
	Hg	
	Ni	
	Pb	
	Zn	
	V	
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	Sul 10% dei campioni totali (N 17) 12 interni all'area portuale campione (1.1) (6.1) (8.1) (10.1) (11.1) (14.1) (19.1) (20.1) (5.2) (9.2) (18.2) (21.2) 5 esterni all'area non indagata nel 2007 Campioni (32.1) (33.1) (38.1) (37.1) (41.1)
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	Naftalene	Sul 10% dei campioni totali (N 17) 12 interni all'area portuale campione (1.1) (6.1) (8.1) (10.1) (11.1) (14.1) (19.1) (20.1) (5.2) (9.2) (18.2) (21.2) 5 esterni all'area non indagata nel 2007 Campioni (32.1) (33.1) (38.1) (37.1) (41.1)
	Acenafilene	
	Acenafene	
	Fluorene	
	Fenantrene	
	Antracene	
	Fluorantene	
	Pirene	
	Benzo(a)antracene	
	Crisene	
	Benzo(b)fluorantene	
	Benzo(k)fluorantene	
	Benzo(a)pirene	
Dibenzo(a,h)antracene		
Benzo(g,h,i)perilene		
Indeno(1,2,3-cd)pirene		
Benzene	Le determinazioni analitiche pregresse non hanno evidenziato presenza di Benzene o idrocarburi	Sul 10% dei campioni totali (N 17) 12 interni all'area portuale campione (1.1) (6.1) (8.1) (10.1) (11.1) (14.1) (19.1) (20.1) (5.2) (9.2) (18.2) (21.2) 5 esterni all'area non indagata nel 2007 Campioni (32.1) (33.1) (38.1) (37.1) (41.1)
Idrocarburi leggeri C ₅ -12		
Idrocarburi pesanti C>12		
Ulteriori marchers	Benzo(e)pirene Benzo(j)fluorantene	Non previsti
Azoto totale		Sul 10% dei campioni totali (N 17) 12 interni all'area portuale campione (1.1) (6.1) (8.1) (10.1) (11.1) (14.1) (19.1) (20.1) (5.2) (9.2) (18.2) (21.2) 5 esterni all'area non indagata nel 2007 Campioni (32.1) (33.1) (38.1) (37.1) (41.1)
Fosforo totale		
Carbonio Organico totale		
Pesticidi organoclorurati	Le determinazioni analitiche pregresse non hanno evidenziato presenza di pesticidi nei fondali e negli arenili.	Non previsti
Esaclorobenzene	Le determinazioni analitiche pregresse non hanno evidenziato presenza di esaclorobenzene	Sul 10% dei campioni totali (N 17) 12 interni all'area portuale campione (1.1) (6.1) (8.1) (10.1) (11.1) (14.1) (19.1) (20.1) (5.2) (9.2) (18.2) (21.2) 5 esterni all'area non indagata nel 2007 Campioni (32.1) (33.1) (38.1) (37.1) (41.1)
Composti organostannici	Le determinazioni analitiche pregresse non hanno evidenziato presenza di tali composti la cui presenza può pertanto essere esclusa	Sul 10% dei campioni totali (N 17) ¹⁴
Diossine e Furani	Le determinazioni analitiche pregresse non hanno evidenziato presenza di cianuri, diossine e furani sia nei fondali che negli arenili.	Sul (10%) dei campioni superficiali (numero 5) 2 interni al porto nelle aree utilizzate e cantieristiche (9.1) (10.2) 3 nell'arenile Campioni (27.2) (28.3) (29.2)
Sommatoria PCDD/PCDF		
Amianto	Le determinazioni analitiche pregresse non hanno evidenziato presenza di amianto, sia nei fondali che negli arenili.	Sul (10%) dei campioni superficiali (numero 5) 2 interni al porto nelle aree utilizzate e cantieristiche (9.1) (10.2) 3 nell'arenile Campioni (27.2) (28.3) (29.2)
Solventi aromatici BTEX		Sul 10% dei campioni totali (N 17) 12 interni all'area portuale campione (1.1) (6.1) (8.1) (10.1) (11.1) (14.1) (19.1) (20.1) (5.2) (9.2) (18.2) (21.2) 5 esterni all'area non indagata nel 2007 Campioni (32.1) (33.1) (38.1) (37.1) (41.1)

Tabella 4 - Analisi chimiche

¹⁴ Trattandosi di sedimenti di un fondale interno a un porto sono stati inseriti tra i composti da determinare al 10% dei campioni totali anche i composti organostannici; (**Prescrizione 1.c del decreto Decreto Ministero dell'Ambiente del 13.12.2017**).

I limiti di quantificazione devono essere quelli riportati dal D.M. 7 novembre 2008.

Per le analisi chimiche i livelli di prestazione dovranno essere conformi ai requisiti di cui al D.lgs. 219/2010. Il limite di rilevabilità quantitativo dovrà essere circa pari a 1/10 dei valori tabellari di riferimento.¹⁵

4.3 - Analisi microbiologiche

Sui campioni superficiali di ciascun sondaggio saranno effettuate le seguenti determinazioni microbiologiche:

Specie chimica	Singoli Parametri e	Numero di determinazioni da effettuare
Enterococchi	Fecali	Su tutti i campioni dei sedimenti da dragare (stazioni da 1 a 24 campioni 105) sui campioni superficiali area ripascimento (da 25 a 42 campioni 18)
Coliformi	Totali	
Coliformi	Esche8ujn merichia coli	
Clostridi	Spore di clostridi solfiti riduttori	
Salmonella		
Stafilococchi		

Tabella 5 - Analisi microbiologiche

I metodi di analisi da utilizzare saranno quelli previsti da APAT-IRSA-CNR 7000 (Metodo analitici per la determinazione di microrganismi indicatori di inquinamento e di patogeni).

4.4 - Test ecotossicologici

I saggi biologici dovranno essere applicati su 51 campioni (pari al 30% dei campioni totali), scelti come segue:

- n.31 campioni superficiali rappresentativi dei fondali antistanti la Cala di Buggerru e della spiaggia sommersa (campioni n. 31.1 - 32.1 - 33.1 - 34.1 - 35.1 - 36.1 - 37.1 - 38.1 - 39.1 -40.1 -41.1 - 42.1- 31.2 - 32.2 - 33.2 - 34.2 - 35.2 - 36.2 - 37.2 - 38.2 - 39.2 -40.2 -41.2);
- n.10 campioni rappresentativi dei fondali portuali nello stato attuale pre dragaggio (campioni n. 5.1 - 7.1 - 4.1 - 10.1 - 12.1 - 14.1 - 16.1 - 18.1 - 19.1 - 20.1);
- n.10 campioni rappresentativi del fondale portuale post dragaggio, questi campioni saranno prelevati sulla parte di sedimenti che resterà in opera oltre la profondità prevista di -3.00 m (campioni 5.4 - 7.4 - 4.6 - 10.5 - 12.4 - 14.5 - 16.6 - 18.6 - 19.4 - 20.4);

questi sondaggi saranno anche utili anche per costituire il riferimento dei successivi monitoraggi in corso d'opera, per valutare il "disturbo" arrecato sul sedime di fondo dai lavori di dragaggio.

Ogni campione sarà analizzato mediante una batteria di saggi biologici costituita da 3 organismi test, le matrici ambientali saranno costituite da:

- fase solida del sedimento (sedimento tal quale e/o centrifugato);

¹⁵ Cfr. Tabella 2 pag.14 del documento: *PROCEDURA PER LA DERIVAZIONE DI VALORI DI RIFERIMENTO IN AREE MARINE E SALMASTRE INTERNE ALLA PERIMETRAZIONE DEI S.I.N. - PROPOSTA ISPRA – CNR – ISS* (Ottobre 2015).

- fase liquida del sedimento (acqua interstiziale e/o elutriato);

Le specie scelte sono quelle della seguente tabella:

Specie	Matrice	Stadio vitale	Esposizione	End-point	Espressione dato
<i>ALGHE</i>					
(1) <i>Dunaliella tertiolecta</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>BATTERI</i>					
(2) <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)
<i>MOLLUSCHI</i>					
(3) <i>Cassostrea gigas</i>	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50

Tabella 6 - Analisi Test ecotossicologici

I saggi biologici sulle specie 1 e 2 sono stati effettuati da Progemisa nel 2007 e i saggi previsti consentiranno un significativo confronto dei risultati.

Come procedura per i saggi di embriotossicità con la *Cassostrea giga*, si dovrà utilizzare il metodo ISO 17244:2015 "Water quality - Determination of the toxicity of water samples on the embryo -larval development of Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) and mussel (*Mytilus edulis* or *Mytilus galloprovincialis*)" (<https://www.iso.org/standart/59472.html>). (Prescrizione 1.d del decreto Decreto Ministero dell'Ambiente del 13.12.2017).

4.5 - Acquisizione di parametri chimico-fisici in situ

Alcune caratteristiche dei sedimenti costituiscono parametri fondamentali per una corretta valutazione della disponibilità dei contaminanti nei sedimenti. Tra queste, il valore di pH ed il potenziale redox sono certamente le più significative e pertanto saranno misurate in situ per evitare che il trasporto e la conservazione possano provocare una variazione significativa. Va infatti considerato che una variazione di tali parametri può influire sugli equilibri che coinvolgono alcuni tra gli inquinanti presenti nel sedimento. Quando questo fenomeno comporta una loro trasformazione chimica, si verifica un cambiamento della loro biodisponibilità, che si può tradurre in una variazione della tossicità del sedimento, anche significativa. Nel caso dei metalli in particolare, la speciazione, ossia la loro distribuzione in differenti specie chimiche all'interno del sistema oggetto della caratterizzazione, è uno dei fattori prioritari nel determinare la loro tossicità.

Il contatto del sedimento con l'atmosfera sarà pertanto ridotto al minimo per evitare che lo scambio di anidride carbonica ed ossigeno possa causare variazioni significative di pH e di potenziale redox.

Per questa ragione le misurazioni di tali parametri saranno effettuate appena recuperato il campione e nel minor tempo possibile. Per la determinazione di pH e potenziale redox esistono strumenti combinati, sia da laboratorio che da campo. Sono dotati di un connettore Byonet Neill-Concelman (BNC), che permette di collegare insieme più elettrodi da utilizzare per la misurazione di parametri diversi.

4.6 - Test di speciazione e analisi di bioaccumulo

In coerenza con le indicazioni del Verbale della Conferenza di Servizi Istruttoria presso il MATTM (13/5/2009)¹⁶ si prevede di eseguire sia test di speciazione sia prove di bioaccumulo, oltre che sull'Arsenico¹⁷, anche su **Piombo, Cadmio, Zinco, Mercurio**.

Nel Verbale della Conferenza di Servizi citata si evidenziava che:

<< poiché nella caratterizzazione eseguita emergono alcuni limiti di rilevabilità relativamente elevati, in particolare per i contaminanti organici e per alcuni metalli, si richiede che nelle integrazioni analitiche di cui sopra (test di speciazione e di bioaccumulo relativamente a As, Pb, Cd, Zn, Hg) i limiti di quantificazione siano almeno pari a quanto indicato nelle tabelle sottostanti relative alle matrici ambientali sedimento e biota.

Parametri chimici	u.m.	Limite di quantificazione
Arsenico	mg/kg s.s.	0,1
Cadmio	mg/kg s.s.	0,05
Mercurio	mg/kg s.s.	0,05
Piombo	mg/kg s.s.	1,0
Zinco	mg/kg s.s.	1,0

Tabella 7 - Limiti di quantificazione da raggiungere per i sedimenti.

Parametri chimici	u.m.	Limite di quantificazione
Arsenico	mg/kg p.s.	0,5
Cadmio	mg/kg p.s.	0,1
Mercurio	mg/kg p.s.	0,05
Piombo	mg/kg p.s.	0,2
Zinco	mg/kg p.s.	1,0

Tabella 8 - limiti di quantificazione da raggiungere per gli organismi.

Si richiede inoltre che nell'analisi delle soluzioni ottenute nelle estrazioni sequenziali vengano raggiunti i limiti di quantificazione indicati nella seguente tabella 9. >>

Parametri chimici	u.m.	Limite di quantificazione
Arsenico	µg/L	5
Cadmio	µg/L	0,5
Mercurio	µg/L	0,1
Piombo	µg/L	5
Zinco	µg/L	5

Tabella 9 - Limiti di quantificazione da raggiungere negli estratti ottenuti nell'esecuzione delle estrazioni sequenziali.

La biodisponibilità degli elementi chimici nei sedimenti può essere valutata attraverso due metodi complementari:

- Biologico, mediante la misura del contenuto degli elementi nei tessuti di organismi bioindicatori (bioaccumulo)
- Chimico, mediante estrazioni selettive e/o sequenziali che consentono di valutare la mobilità e la distribuzione di un elemento nelle frazioni del suolo (speciazione dei metalli nei sedimenti)

¹⁶ Vedi del Verbale della Conferenza di Servizi Istruttoria presso il MATTM (13/5/2009).

¹⁷ Si rimanda al documento: " Sperimentazione sulla biodisponibilità dell'arsenico contenuto nelle sabbie dell'arenile di Buggerru redatto da Progemisa (Aprile 2008)"

4.6.1 - Analisi di bioaccumulo su organismi marini

Gli organismi bioindicatori appartenenti a due specie ittiche stanziali individuate nell'area saranno: *MullusTriglia*, *Lithognatus-Mormora*, (in alternativa *Mugil-cefalo*). I campionamenti saranno effettuati mediante prelievo sul posto di circa 10 esemplari per ciascuna specie.

Per le prove biochimiche si dovranno prevedere, sia per le specie ittiche che per i mitili, esemplari provenienti da zone di riferimento (bianco); (Prescrizione 1.e del decreto Decreto Ministero dell'Ambiente del 13.12.2017).

Si realizzeranno inoltre 3 stazioni di monitoraggio con la metodologia "Mussel Watch" (una interna al bacino portuale **St1** una in prossimità dell'imboccatura del porto **St2** e una nella zona Nord della spiaggia sommersa in prossimità del promontori Il Nido Dell'Aquila **St3**).

Per le specifiche tecniche del monitoraggio si fa riferimento al "Protocollo Mussel Watch - del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio - ICRAM e alle Procedure per la valutazione del bioaccumulo di cui al punto 4.2.2 Metodologia "Mussel Watch"- Trasferimento Attivo di Mitili del documento " PROCEDURA PER LA DERIVAZIONE DI VALORI DI RIFERIMENTO IN AREE MARINE E SALMASTRE INTERNE ALLA PERIMETRAZIONE DEI S.I.N. - PROPOSTA ISPRA – CNR – ISS" (Ottobre 2015).

4.6.2 - Test di speciazione

La mobilità dei metalli non è funzione del contenuto totale ma, in matrici complesse come quelle ambientali, dipende sostanzialmente dalla frazione mineralogica a cui gli elementi sono associati.

Per valutare questa "speciazione" dei metalli nei sedimenti esistono diversi schemi di estrazione sequenziale, che consentono di determinare a quali fasi mineralogiche, ed in che quantità, i metalli studiati sono presenti nel campione e valutare il loro effetto a breve e lungo termine sull'ambiente.

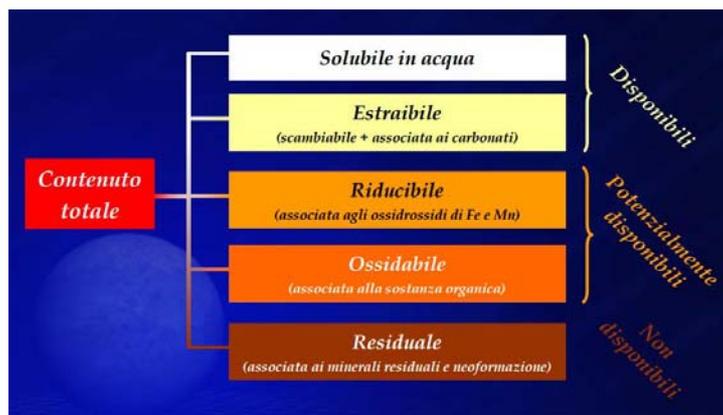


Fig. 10 - Estrazioni sequenziali (schema BCR) informazioni sulla mobilità degli elementi chimici

Tra i diversi schemi di estrazione sequenziale, è stato previsto lo schema di estrazione sequenziale consigliato dal Ministero Ambiente¹⁸, pertanto la mobilità dei metalli nelle diverse frazioni sarà valutata mediante una procedura

¹⁸ Cfr. nota Minambiente del 20.10.2017 osservazioni ARPAS_ISPRA

operazionale di estrazione sequenziale con solventi a potere estraente crescente secondo la metodologia descritta in *"Fractionation studies and bioaccumulation of cadmium, mercury and lead in two harbour areas. Chemical Speciation & Bioavailability"* 18 (3): 95-103. MAGGI, C., BIANCHI, J., DATTOLO, M., MARIOTTI, S., COZZOLINO, A., GABELLINI, M. (2006).

Campionamento

E' prevista la analisi su 51 campioni (pari a circa il 30% del totale); i campioni scelti saranno prelevati nella stessa frazione di carota (50 cm) dalla quale saranno estratti i campioni per i test ecotossicologici e pertanto:

- n.31 campioni superficiali rappresentativi dei fondali antistanti la Cala di Buggerru e della spiaggia sommersa (campioni n. 31.1 - 32.1 - 33.1 - 34.1 - 35.1 - 36.1 - 37.1 - 38.1 - 39.1 -40.1 -41.1 - 42.1- 31.2 - 32.2 - 33.2 - 34.2 - 35.2 - 36.2 - 37.2 - 38.2 - 39.2 -40.2 -41.2)
- n.10 campioni rappresentativi dei fondali portuali nello stato attuale pre dragaggio (campioni n. 5.1 - 7.1 - 4.1 - 10.1 - 12.1 - 14.1 - 16.1 - 18.1 - 19.1 - 20.1);
- n.10 campioni rappresentativi del fondale portuale post dragaggio, questi campioni saranno prelevati sulla parte di sedimenti che resterà in opera oltre la profondità prevista di -3.00 m (campioni 5.4 - 7.4 - 4.6 - 10.5 - 12.4 - 14.5 - 16.6 - 18.6 - 19.4 - 20.4);

i campioni saranno posti in contenitori di polietilene e conservati in camera scura alla temperatura di 4 °C e recapitati al laboratorio entro 48 h.

Il 10% dei campioni dovrà essere validato da ARPA Sardegna; (Prescrizione 1.e del decreto Decreto Ministero dell'Ambiente del 13.12.2017).

4.7 - Valori di fondo di metalli/metalloidi nell'arenile e nei fondali

Il valori di fondo di confronto faranno riferimento ai risultati e ai valori eventualmente determinati da ISPRA nell'ambito dell'esecuzione della caratterizzazione dell'area marino-costiera prospiciente il sito di interesse nazionale Sulcis, Iglesiente, Guspinese.

4.8 - Indagini geotecniche

Le prove geotecniche da eseguire in situ sono costituite essenzialmente da 3 prove penetrometriche (SPT Standard Penetration Test) che dovranno essere eseguite in corrispondenza del sedime delle opere a scogliera di nuova costruzione (nei punti indicati nella tabella 2).

5 - METODICHE ANALITICHE

5.1 - Misurazione di pH e potenziale redox

All'apertura dei liner e prima di ogni attività si dovrà procedere alla misura del pH e del potenziale redox.

Tale misura dovrà essere effettuata in corrispondenza di ciascuna sezione da 0,50 m individuata come campione.

5.2 - Preparazione e conservazione dei campioni

Tra le indagini da eseguire sui sedimenti, è inclusa la determinazione di alcuni parametri chimici, quali metalli ed elementi in tracce e composti organici (pesticidi, IPA e PCB), la valutazione della tossicità, tramite appositi saggi biologici, e la determinazione del bioaccumulo di specifici contaminanti nei tessuti di determinati organismi marini.

Diventa pertanto estremamente importante evitare la contaminazione del campione da analizzare ai fini di una corretta caratterizzazione ambientale dei fondali indagati e per una maggiore comprensione sull'effettivo stato di inquinamento.

In fase di campionamento le potenziali contaminazioni sono solitamente di "segno positivo", derivando dall'aggiunta di sostanze estranee; le contaminazioni di "segno negativo" sono invece tipiche delle fasi di conservazione e di analisi. In particolare, i composti volatili possono sussistere anche durante il campionamento.

Di conseguenza l'uso di materiale appropriato, insieme a corrette procedure di pulizia della strumentazione utilizzata possono sicuramente minimizzare le interferenze dovute alla contaminazione dei contenitori, siano esse "positive" o "negative".

I recipienti in polietilene e teflon, ad esempio, sono generalmente lavati in acido cloridrico o nitrico, per tempi anche lunghi, quindi risciacquati con acqua deionizzata o bidistillata.

La procedura consigliata dall'EPA per i contenitori destinati alla conservazione dei campioni per l'analisi dei metalli in tracce consiste in una sequenza di passaggi (detergente, acqua di rete, acido nitrico/acqua di rete 1:1, acido cloridrico/acqua di rete 1:1, acqua di rete, acqua ad alto grado di purezza), al fine di ridurre gli errori "positivi" dovuti a rilascio o desorbimento superficiale e gli errori "negativi" dovuti ad adsorbimento.

Nel caso di inquinanti organici, idrocarburi totali e composti organoclorurati, è da escludere l'uso di cavi e strumenti lubrificati o ingrassati durante le operazioni di prelievo dei campioni, ed è preferibile la conservazione in contenitori di vetro o di metallo, piuttosto che di plastica.

Tutte le parti di apparecchiature o contenitori con cui il campione viene a contatto vanno accuratamente lavate con detersivi, sciacquate con acqua ad alto grado di purezza e ripassate prima dell'uso con etanolo al 95% o acetone per analisi o bidistillato. Tutti i campioni devono essere trattati e conservati in funzione delle analisi cui dovranno essere successivamente sottoposti.

Nel caso in cui, per la determinazione di diversi parametri, vengano richiesti dei metodi di conservazione e/o pretrattamento del campione fra loro non compatibili, i campioni devono essere quartati subito dopo il prelievo e conservati secondo le differenti metodologie indicate.

Ogni campione di sedimento prelevato deve essere preventivamente omogeneizzato e suddiviso in due subcampioni, uno dei quali da conservare in contenitori di teflon a temperatura compresa tra -18°C e -25°C e tenere a disposizione del committente per eventuali analisi di controllo. L'altro subcampione, destinato alle analisi dei diversi parametri da ricercare, deve essere prontamente suddiviso in aliquote, da conservarsi e trasportarsi secondo quanto riportato nella seguente Tabella 10.

La conservazione dei campioni richiede di seguire scrupolosamente particolari accorgimenti, in termini di materiale dei contenitori e di tempi massimi entro i quali effettuare le analisi, in funzione degli specifici parametri da determinare.

Per la maggior parte dei parametri si consiglia l'utilizzo di contenitori in polietilene ad alta densità (HDPE) o politetrafluoretilene (PTFE o Teflon), in quanto materiali pressoché inerti e, contemporaneamente, infrangibili. Possono essere utilizzati anche contenitori in vetro, adatti alla conservazione di campioni destinati alla determinazione di parametri sia organici che inorganici, ma che, una volta posti alle temperature indicate per la refrigerazione (-20°C circa), tendono a rompersi; nel caso si optasse per questo materiale, per le analisi dei contaminanti organici è preferibile utilizzare contenitori in vetro scuro borosilicato, che inibisce eventuali processi degradativi dovuti all'interazione di determinati composti con la luce.

Relativamente ai tempi di conservazione, alcuni parametri devono essere determinati con la massima tempestività dopo il prelievo del sedimento, per evitare che il loro valore assoluto si alteri in modo significativo.

In particolare, la determinazione del contenuto d'acqua e della concentrazione dei composti volatili e del mercurio devono avvenire appena possibile.

Nel tempo che intercorre tra il prelievo e l'analisi, tutti i campioni devono essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche originali, per un periodo indicativamente non superiore a 5 giorni.

Qualora trascorresse un periodo di tempo più lungo, i campioni devono essere conservati ad una temperatura di -18 °C, ad esclusione dell'aliquota destinata alla determinazione dei composti organici volatili, la quale deve essere conservata tra +4 °C e +6 °C ed analizzata quanto prima.

Per quanto riguarda campioni da sottoporre ai test di speciazione essi dovranno raggiungere il laboratorio nel tempo più breve possibile ed essere conservati a temperatura di 4° in modo da non alterarne le caratteristiche originali, per un periodo indicativamente non superiore a 48 ore.

Parametro	Tipo di contenitore	Conservazione	Tempo massimo di conservazione
Analisi granulometria	Polietilene	Trasporto: temperatura ambiente Conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C)	-
Peso specifico	Polietilene	Trasporto: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (-18 / -25 °C)	5 giorni max -
Contenuto d'acqua	Polietilene	Trasporto: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (-18 / -25 °C)	5 giorni max
Composti organici non volatili e semi volatili			
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	Polietilene, politetrafluoretilene (PTFE), polietilene ad alta densità (HDPE), con sottotappo.	Trasporto: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (-18 / -25 °C)	-
Idrocarburi C>12 (come n-esano)			
Composti fenolici			
Policlorobifenili (PCB)			
Organostannici			
Composti organoclorurati			
TOC			
Diossine e furani			
Composti organici volatili			
Idrocarburi C≤12 (come n-esano)	Vetro, sottotappo o sotto in politetrafluoretilene (PTFE), riempito sino all'orlo	Trasporto e conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C)	5 giorni max
Solventi aromatici			
Composti inorganici			
Azoto totale	Polietilene ad alta densità (HDPE), con sottotappo.	Trasporto: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (-18 / -25 °C)	5 giorni max
Cianuri (totali)			
Fosforo totale			
Metalli totali*	Polietilene ad alta densità (HDPE), con sottotappo.	Trasporto: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (-18 / -25 °C)	Mineralizzazione: 5 giorni max
Mercurio	Polietilene ad alta densità (HDPE), con sottotappo.	Trasporto: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C) Conservazione: refrigerazione (-18 / -25 °C)	Essiccazione: 5 giorni max
Amianto	Polietilene, vetro	Trasporto e conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C)	-
Parametri microbiologici e saggi ecotossicologici			
Clostridi solfito riduttori (spore)	Contenitore sterile	Refrigerazione al buio	24 ore**
Salmonella	Contenitore sterile	Refrigerazione al buio	24 ore**
Escherichia coli	Contenitore sterile	Refrigerazione al buio	24 ore**
Streptococchi fecali Enterococchi	Contenitore sterile	Refrigerazione al buio	24 ore**
Saggi ecotossicologici	Polietilene, vetro	Trasporto e conservazione: refrigerazione (+4 /+6 °C)	7-10 giorni max

Tabella 10 - Modalità di conservazione dei campioni di sedimento

5.3 - Procedure di analisi

Analisi chimiche, fisiche e microbiologiche. Le procedure analitiche da utilizzare per la determinazione dei parametri ricercati dovranno essere scelte fra quelle più aggiornate riportate nei protocolli nazionale e/o internazionali (es: Epa, Iso, Uni En, Apat/Irsa-Cnr, Astm, ecc.), se esistenti. In assenza di un protocollo come sopra specificato la validità della procedura utilizzata deve essere documentata.

Analisi eco - tossicologiche (saggi biologici di tossicità). Le procedure analitiche utilizzate devono essere scelte fra quelle riportate nei protocolli nazionale e/o internazionali o essere di validità internazionalmente riconosciuta (Astm, Epa, Iso Afnor, Cnr-Irsa, Apat, ecc.). Dovranno essere riportate le metodologie adottate ed eventuali modifiche rispetto a protocolli nazionali ed internazionali di riferimento.

Per quanto riguarda la ricerca di idrocarburi pesanti nei suoli è necessario tenere conto del parere I.S.S. n Prot.37936-IA/12 del 5/08/2003.

Per ogni analisi dovranno essere dettagliati i limiti di rilevabilità delle metodiche analitiche utilizzate che dovranno essere adeguatamente inferiori rispetto ai limiti imposti dalla normativa vigente.

I Test di speciazione dei metalli ritenuti più significativi, Arsenico, Piombo, Cadmio, Zinco, Mercurio (As, Pb, Cd, Zn, Hg) saranno effettuati con l'impiego dello schema di estrazione sequenziale consigliato dal Ministero Ambiente mediante la procedura operativa di estrazione sequenziale con solventi a potere estraente crescente secondo la metodologia descritta in *"Fractionation studies and bioaccumulation of cadmium, mercury and lead in two harbour areas. Chemical Speciation & Bioavailability" 18 (3): 95-103*. MAGGI, C., BIANCHI, J., DATTOLO, M., MARIOTTI, S., COZZOLINO, A., GABELLINI, M. (2006).

Per le prove di bioaccumulo dei contaminati inorganici su organismi marini si fa riferimento al "Protocollo Mussel Watch - del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio - ICRAM e alle Procedure per la valutazione del bioaccumulo di cui al punto 4.2.1 e al punto 4.2.2 *Metodologia "Mussel Watch"- Trasferimento Attivo di Mitili* del documento "PROCEDURA PER LA DERIVAZIONE DI VALORI DI RIFERIMENTO IN AREE MARINE E SALMASTRE INTERNE ALLA PERIMETRAZIONE DEI S.I.N. - PROPOSTA ISPRA – CNR – ISS" (Ottobre 2015).

5.4 - Criteri per la scelta dei laboratori incaricati per le analisi

Le analisi dovranno 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, relativi alla matrice specifica dei campioni da analizzare. Sono considerati prioritari i seguenti parametri: granulometria, metalli, IPA, 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.

I laboratori incaricati dovranno operare specificando i criteri stabiliti e documentando le modalità utilizzate per l'assicurazione qualità del dato.

In ogni caso i laboratori devono fornire un Rapporto di Prova, datato e firmato dal responsabile.

5.5 - Modalità di restituzione dei risultati analitici

La documentazione fornita dal laboratorio unitamente al dato deve garantire la correttezza della procedura in 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 richiesto);
- 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.

5.6 - Modalità di restituzione delle indagini e dei risultati

I risultati delle attività di campo e di laboratorio successivi alla realizzazione del Piano di Indagine, andranno espressi sotto forma di tabelle di sintesi e di rappresentazioni cartografiche.

In particolare:

- Relazione tecnica sulle attività contenente: restituzioni fotografiche delle attività e delle carote, stratigrafie e rapporti di prova. La relazione dovrà fornire la classificazione dei sedimenti secondo i criteri e le indicazioni del "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" Icram 2007.
- Carte tematiche con ubicazione dei sondaggi eseguiti

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.) dovranno essere organizzati e resi disponibili anche in formato digitale, per essere poi inseriti in una banca dati relazionale, georeferenziata e dettagliatamente documentata, idonea al trasferimento in un unico Sistema Informativo Territoriale relativo ai siti di bonifica di interesse nazionale.

5.7 - Validazione dei risultati

Le attività di prelievo dei campioni, saranno vigilate da un Responsabile della Caratterizzazione (Direttore dei lavori) che dovrà garantire le corrette modalità esecutive e concordare il calendario per il rispetto del contraddittorio con l'Ente di controllo (ARPA) finalizzato alle controanalisi funzionali alla validazione; tali attività saranno inoltre vigilate e certificate dall'Autorità Marittima Locale.

La validazione dei dati analitici sarà effettuata dall'Ente di controllo mediante il confronto delle metodiche analitiche adottate dal laboratorio dell'Ente di controllo e dal laboratorio utilizzato dal soggetto che ha l'onere della caratterizzazione; quest'ultimo dovrà fornire tutte le informazioni necessarie al fine della verifica della "qualità" dei dati analitici prodotti.

Le specifiche di dettaglio delle procedure di validazione saranno stabilite in concerto con le Autorità di controllo in fase esecutiva.

____/____