



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sardegna

Porti di: Cagliari | Olbia | Porto Torres | Oristano | Golfo Aranci | Portovesme | Santa Teresa Gallura

## Porto di Olbia

# CAMPIONAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI DEL CANALE DI ACCESSO AL PORTO DI OLBIA, DEL BACINO DI EVOLUZIONE, DEGLI ATTRACCHI DEL PORTO ISOLA BIANCA E DEL PORTO COCCIANI.

TAV. :

# A.1

ELABORATO :

RELAZIONE GENERALE - PIANO DI INDAGINE. CARATTERIZZAZIONE DEI  
SEDIMENTI MARINI NEL GOLFO DI OLBIA.

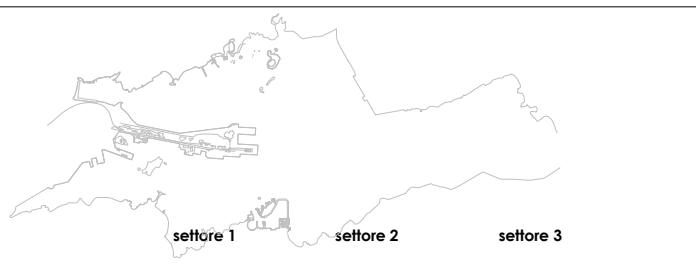
## PROGETTO ESECUTIVO

**Il Dirigente dell'Area Tecnica:**

*Ing. Alessandro Meloni*

**Il Progettista:**

*Ing. Alessandro Meloni*



**IL PRESIDENTE**

*Prof. Avv. Massimo DEIANA*

**Il Segretario Generale:**

*Avv. Natale DITEL*

**COLL. TECNICO:**

*Ing. Alessandro CASSITTA*

**AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA**

*SEDE OLBIA - Viale Isola Bianca-07026 Olbia*

Progetto n. : 95

Data : ottobre - 2019

UFFICIO TECNICO

*Piano Terra - AdSP Olbia*



## Sommario

1. SCHEDA DI INQUADRAMENTO DELL'AREA DI ESCAVO .....	6
1.1 INFORMAZIONI GENERALI SULL'UBICAZIONE DELL'AREA DI ESCAVO .....	6
1.1.1 Indicazioni del "tipo" di area .....	6
1.1.2 Breve descrizione delle caratteristiche generali dell'ambiente circostante l'area di escavo ...	8
1.2 ANALISI DELLE PRINCIPALI PRESSIONI CHE INSISTONO SULL'AREA .....	14
1.3 ANALISI E MAPPATURA DEI PRINCIPALI ELEMENTI DI PREGIO NATURALISTICO, DELLE AREE DI TUTELA E DEGLI OBIETTIVI SENSIBILI PRESENTI NELL'AREA DI ESCAVO E IN AREE LIMITROFE.....	14
1.4 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE IDRODINAMICHE E CHIMICO-FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	15
1.4.1 Opere di manutenzione fondali.....	15
1.4.2 Strumentazione utilizzata e parametri acquisiti.....	17
1.4.3 Analisi dei dati della torbidità.....	17
1.5 INFORMAZIONI SULLE ATTIVITÀ DI ESCAVO PREGRESSE .....	18
1.5.1 Caratterizzazione dei fondali .....	19
1.6 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE MORFO-BATIMETRICHE E SULLE CARATTERISTICHE DEI FONDALI .....	21
1.6.1 Descrizione dell'area indagata e del piano di indagine .....	21
1.6.2 Rilievo batimetrico.....	21
1.6.3 Procedure operative e mezzi utilizzati .....	21
1.6.4 Sistema MBES RESON T20-P .....	22
1.6.5 Descrizione dei risultati .....	23
1.7 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE CHIMICHE DEI SEDIMENTI DELL'AREA DI ESCAVO .....	26
1.7.1 Canaletta di accesso al porto di Olbia.....	26
1.7.1.1 Descrizione delle indagini effettuate.....	26
Piano delle indagini.....	26
Indagini sulla Biocenosi.....	27
Analisi granulometriche.....	28
Analisi ecotossicologiche .....	28
1.7.2 Accosti porto Isola Bianca.....	29
Descrizione delle indagini effettuate .....	30
Piano delle indagini.....	30
Indagine sulla biocenosi.....	31
Analisi granulometriche.....	32
Analisi ecotossicologiche .....	32
Monitoraggio .....	34



1.9	INFORMAZIONI PREGRESSE SULLE ATTIVITÀ DI IMMERSIONE/UTILIZZO .....	34
1.10	INFORMAZIONI SULLE PRECEDENTI ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO AMBIENTALE .....	35
1.11	PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI ESCAVO E GESTIONE DEI MATERIALI .....	35
1.12	RIDUZIONE DELLE FONTI DI INQUINAMENTO.....	35
1.13	INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA DI ESCAVO.....	35
1.13.1	Inquadramento geologico Regionale .....	35
1.13.2	Le reti idrografiche della Gallura nord-orientale.....	36
1.13.3	Sintesi Geologica e Geomorfologica dell'Area circostante Olbia e Golfo Aranci .....	37
1.14	STUDIO IDRODINAMICO .....	38
1.14.1	Obiettivi .....	38
1.14.2	Idrodinamica indotta dalla marea .....	38
1.14.3	Idrodinamica indotta dal vento .....	39
1.15	QUALITÀ DELLE ACQUE .....	39
1.15.1	Caratteristiche generali del golfo .....	40
1.16	INFORMAZIONI SUGLI ORGANISMI ANIMALI E VEGETALI DELL'AREA DI ESCAVO .....	44
1.16.1	Inquadramento dell'Area di studio.....	45
1.16.2	Caratteristiche meteo marine del paraggio.....	45
1.16.3	Descrizione dell'area ampia della RIA di Olbia .....	47
1.16.4	Descrizione geomorfologica del golfo di Olbia.....	48
1.16.5	Materiali e metodi .....	49
1.16.6	Analisi d'immagine .....	50
1.16.7	Risultati dei transetti .....	51
1.16.8	La zonazione bionomica .....	52
1.16.9	Descrizione delle biocenosi nell'area esaminata.....	54
2.	CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI DELL'AREA DI ESCAVO DI FONDALI MARINI ...	57
2.1	Percorsi di caratterizzazione.....	57
2.1.1	Disegno di campionamento.....	57
2.1.2	Stazioni di campionamento .....	57
2.2	Modalità di prelievo, conservazione ed analisi dei campioni.....	61
2.2.1	Procedure di campionamento .....	61
2.2.2	Preparazione del campione .....	63
2.2.3	Conservazione del campione.....	63
2.2.4	Qualità del dato .....	64
2.2.5	Relazione Tecnica .....	64



2.3	Caratterizzazione e classificazione ecotossicologica .....	65
2.3.1	Batteria di saggi biologici .....	65
2.4	Caratterizzazione e classificazione chimica .....	66
2.4.1	Caratterizzazione chimica .....	66
2.4.2	Caratterizzazione chimica dei materiali .....	68
2.5	Caratterizzazione fisica .....	69



## RELAZIONE GENERALE

In un'ottica di crescita delle potenzialità del golfo di Olbia, preso atto del continuo interrimento del golfo, causato dai vari affluenti che vi riversano materiale sabbioso e in vista della nuova rivoluzione delle navi Ro-Ro, che nei prossimi anni raggiungeranno maggiori pescaggi, l'AdSP del mare di Sardegna sta procedendo ad una manutenzione dei fondali per ripristinarli alle quote già dragate negli anni.

Primaria importanza riveste il DECRETO 15 luglio 2016, n. 173 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini", che permette l'immersione a mare del materiale dragato, altrimenti destinato in vasche di colmata o in discariche autorizzate.

Per calcolare i volumi di dragaggio si è partiti da un rilievo batimetrico eseguito nel gennaio 2018 con sistema multibeam e successivamente da un rilievo eseguito nel febbraio 2020.

In relazione a tali motivazioni si deve provvedere alla esecuzione della campagna di indagini per il prelievo e la caratterizzazione dei sedimenti marini da sottoporre ad analisi di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici, chimici, microbiologici ed ecotossicologici delle aree interessate dalle previste escavazioni in ambito dei lavori di **"MANUTENZIONE, ESCAVI E DRAGAGGI DEI FONDALI DEL GOLFO DI OLBIA"**.

La caratterizzazione dei sedimenti marini si è resa necessaria in relazione alle possibili "opzioni di gestione" dei materiali provenienti dal dragaggio che dovrebbero, dopo le opportune valutazioni e opzioni di smaltimento, essere immersi in mare, in un'area a circa 12 miglia dal golfo di Olbia. La caratterizzazione dei sedimenti marini è regolata dal recente DECRETO 15 luglio 2016, n. 173, "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

L'immersione deliberata in mare o in ambito ad essi contigui dei materiali derivanti da attività di escavo è prevista dal punto a), comma 1, Art. 109 del D.lgs. n.152 del 3 aprile 2006, "Norme in materia ambientale", ed è soggetta, ai sensi del comma 2 del medesimo articolo, ad autorizzazione da parte, per competenza, della Provincia di Sassari, delegata per tale attività dalla Regione Sardegna (Comma 2, Art. 51 della Legge Regionale 12 giugno 2006, n. 9 Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali).

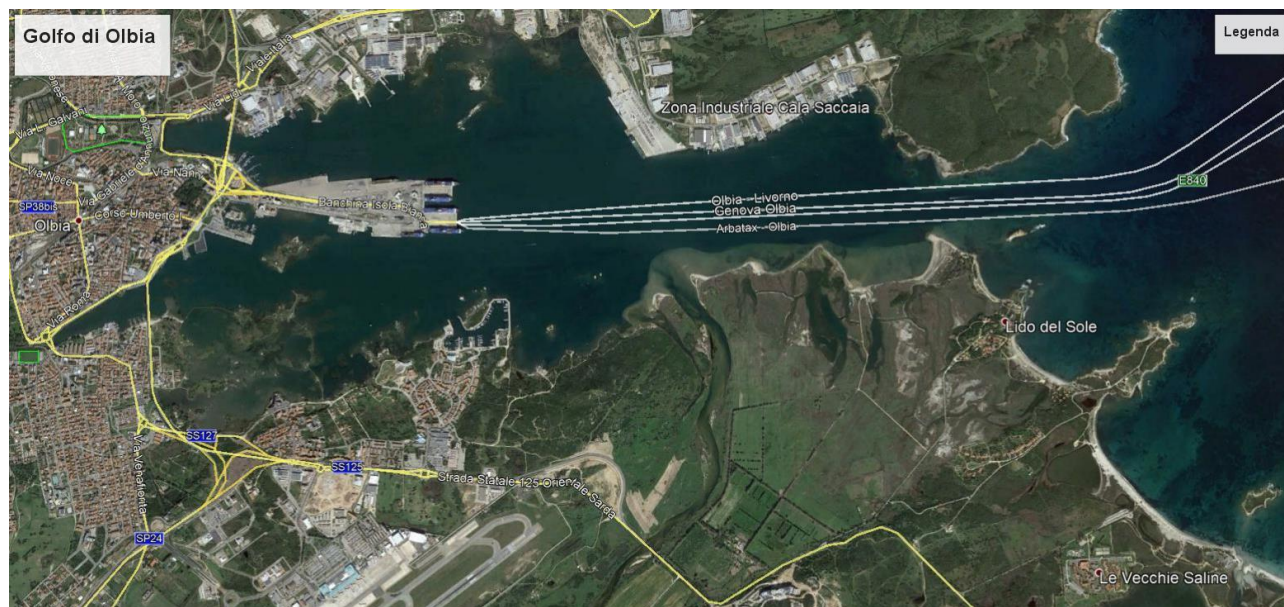


Immagine golfo di Olbia

Gli specchi acqueei soggetti a opere di dragaggio sono evidenziati nella seguente immagine:

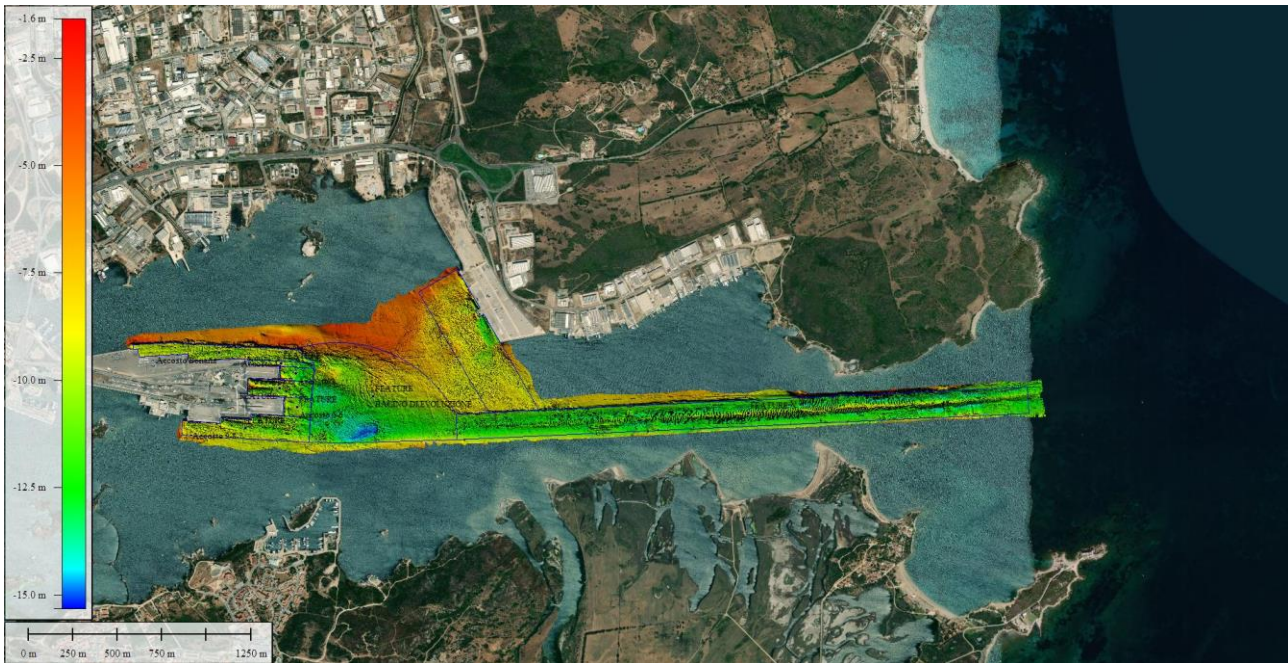


Immagine specchi acquei da dragare- rilievi batimetrici del febbraio 2020

## 1. SCHEDA DI INQUADRAMENTO DELL'AREA DI ESCAVO

### 1.1 INFORMAZIONI GENERALI SULL'UBICAZIONE DELL'AREA DI ESCAVO

#### 1.1.1 Indicazioni del "tipo" di area

L'area di escavo in progetto è ubicata all'interno del golfo di Olbia ed avrà una estensione massima di circa 1.219.306,77 mq dal quale si presume che i volumi di escavo possano risultare pari a 623.313,34 mc. I volumi degli specchi acquei da dragare sono riportati nella seguente tabella:

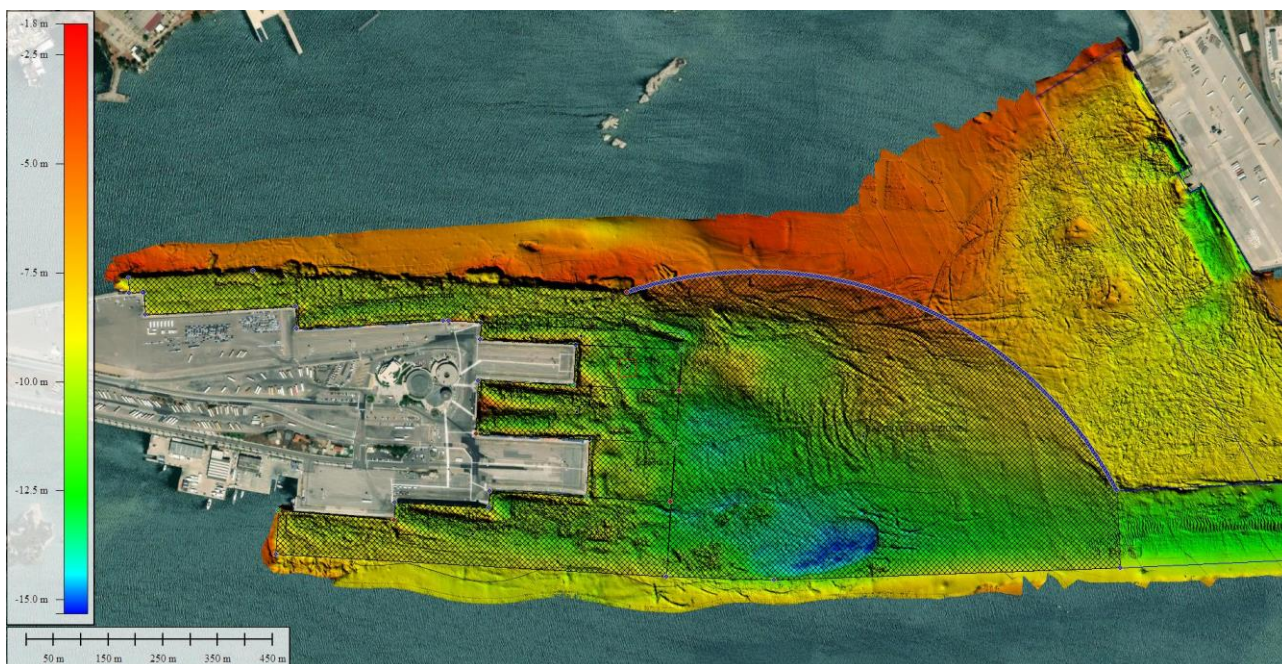
Specchio acqueo	area	volume
1 accosto 9-8-7 – per portare a quota -10 s.l.m.m.	80.103,70 mq	29.385,73 mc
2 accosto 5-6 - per portare a quota -10 s.l.m.m.	16.416,31 mq	1.597,37 mc
3 accosto 3-4 - per portare a quota -10 s.l.m.m.	35.413,99 mq	15.494,23 mc
4 accosto 2 - per portare a quota -10 s.l.m.m.	14.439,91 mq	2.762,51 mc
5 accosto 1 - per portare a quota -10 s.l.m.m.	11.152,22 mq	3.761,86 mc
6 accosto 1bis-Bonaria - per portare a quota -10 s.l.m.m.	69.261,64 mq	29.763,28 mc
7 bacino evoluzione - per portare a quota -10 s.l.m.m.	375.4005 mq	287.546,16 mc
8 Cocciani - per portare a quota -10 s.l.m.m.	153.745,00 mq	198.425,80 mc
9 canaletta - per portare a quota -11 s.l.m.m.	463.369,00 mq	54.576,39 mc
<b>totale</b>	<b>1.219.306,77 mq</b>	<b>623.313,34 mc</b>

Sulla base di tali indicazioni verrà seguito uno specifico percorso di indagine definito dall'allegato tecnico del Decreto 15 luglio 2016, n. 173 come "Percorso I", nelle modalità che verranno illustrate nel Capitolo 2 della presente relazione.

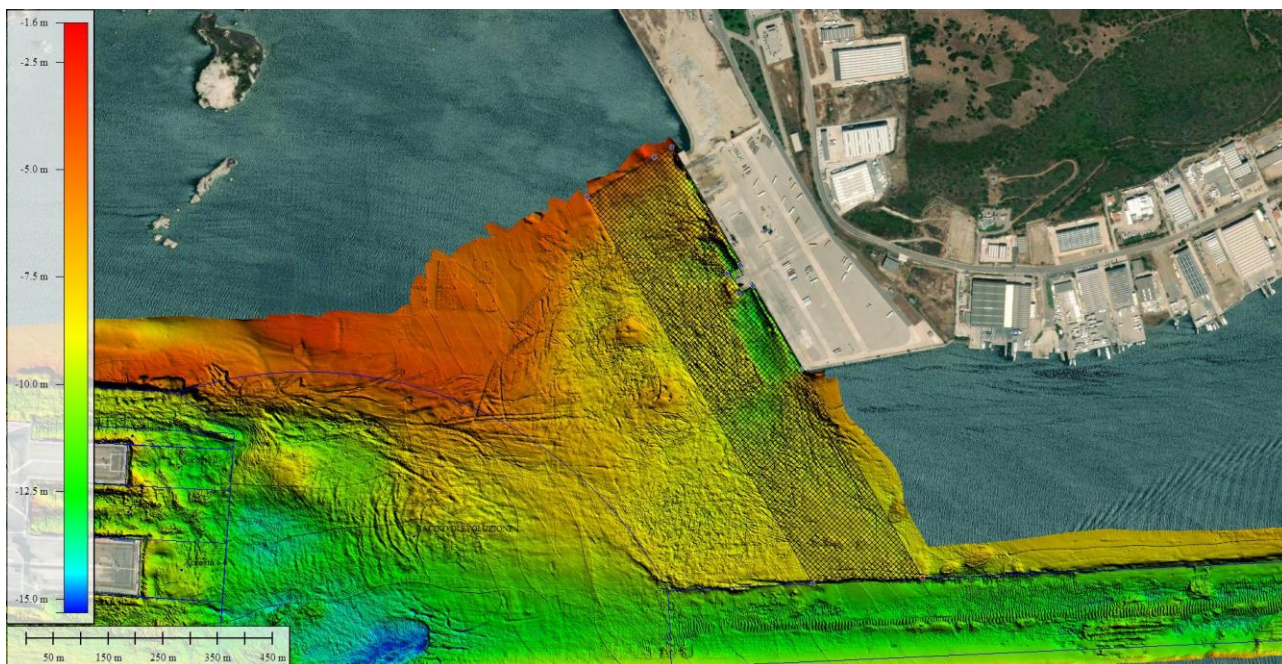


L'area di dragaggio, con i relativi confini e batimetriche, è stata restituita su planimetria in scala 1:1.000 / 2.000 ed è riportata in allegato (Tav.2a/Tav.2b/Tav.2c ). Nella versione digitale di questo progetto di caratterizzazione, l'informazione cartografica viene restituita anche in versione informatizzata georeferenziata (formato shape file \*.shp e AutoCAD \*.dwg), con sistema di riferimento UTM WGS84 Fuso 32.

Di seguito si riportano le immagini, estrapolate dal programma di calcolo Global Mapper, degli specchi acquei interessati dai lavori di dragaggio:



*Immagine specchi acquei da dragare del porto Isola Bianca e del bacino di evoluzione*



*Immagine specchi acquei da dragare del porto Cocciani*

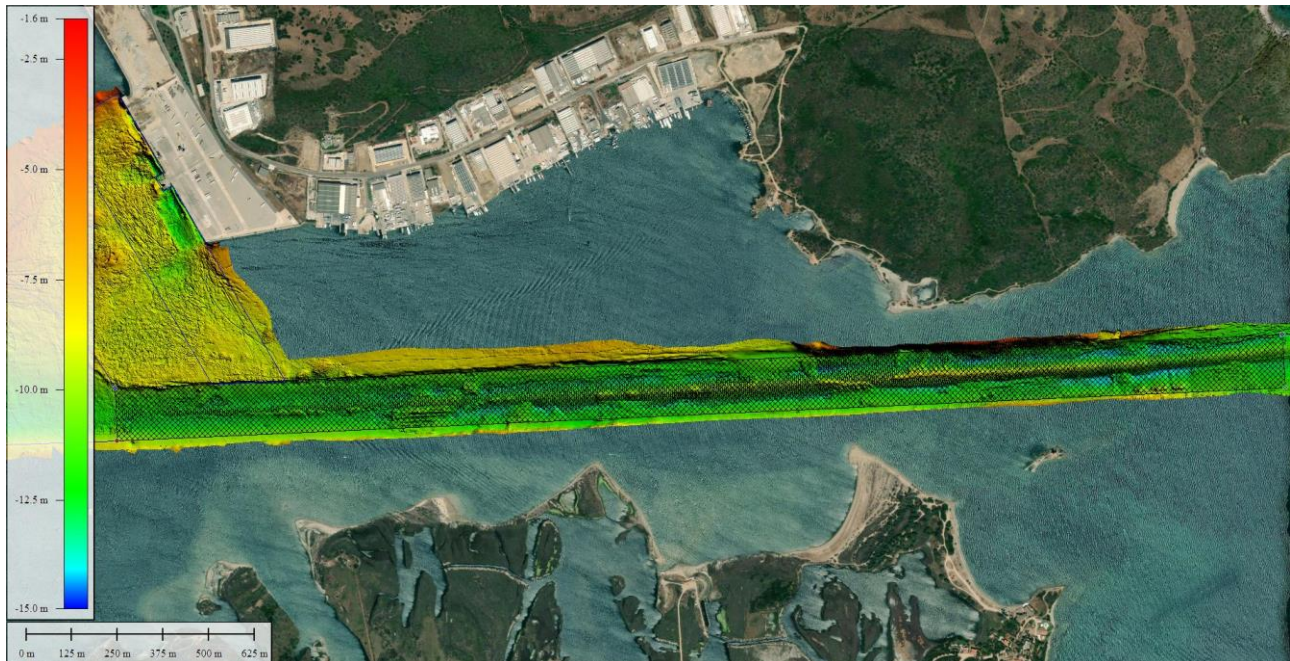


Immagine specchi acquei da dragare della canaletta di accesso al golfo di Olbia

### 1.1.2 Breve descrizione delle caratteristiche generali dell'ambiente circostante l'area di escavo

Storicamente il golfo di Olbia è stato utilizzato fin dalla più remota antichità e in tutto il medioevo. Ha avuto un periodo di fulgore nell'epoca dei giudicati (in particolare nel giudicato di Gallura) ed è stato praticamente abbandonato dopo la conquista dell'isola da parte degli Aragonesi, nel 1324.

Nel secondo dopoguerra lo sviluppo del Nord della Sardegna è divenuto sempre più accelerato ed i porti del golfo di Olbia hanno incrementato la loro importanza, accogliendo un numero di passeggeri crescente con il tempo.

Nell'anno 2000, con DPR del 29/12 (Gazzetta Ufficiale 18/2/2001), i porti di Olbia e Golfo Aranci sono diventati sede di Autorità Portuale, fatto che trovava ampia giustificazione nella constatazione dell'importanza assunta dai porti stessi anche per il trasporto merci.

In particolare, è da considerare che nel golfo interno di Olbia, fino a poco tempo addietro, hanno operato sia il Ministero dei Lavori Pubblici, attraverso il braccio operativo del Genio Civile per le OO.MM. di Cagliari, che il Consorzio CINES, Consorzio Industriale del Nord Est Sardegna, con finanziamenti assentiti dall'Agenzia per il Mezzogiorno, prima della sua soppressione.

Nel golfo di Olbia sono stati redatti e sono a tutt'oggi vigenti due piani regolatori, l'uno, approvato nel 1981, relativo al cosiddetto "Porto Interno" ed al pontile "Isola Bianca" (costituenti il porto commerciale), l'altro, del 1998, riferito al "Porto Industriale" (denominato ormai Porto Cocciani).

Il porto di Olbia, famoso nel mondo per essere diventato la principale porta della Costa Smeralda, oltre a rappresentare uno dei più importanti scali passeggeri del Mediterraneo con circa quattro milioni di passeggeri/anno, è anche un importante scalo commerciale con oltre sei milioni di tonnellate di merci.

Una realtà portuale suddivisa in tre aree: **Porto Cocciani e Pontile Palmera**, inseriti nel tessuto industriale della città; parte interna del golfo comprendente il **Porto interno**, oggi utilizzato da unità da diporto e piccole navi da crociera, e l'antico **Porto Romano; Porto Isola Bianca**, con numerosi attracchi utilizzati da navi Ro-Pax, Ro-Ro e da crociera.

Il **Porto Isola Bianca** è costituito da una striscia di terra artificialmente riempita, dove insistono 11 attracchi (8 con "accosto affiancato", n. 1; 2; 3; 4; 7 e 8, 1 bis e molo Bonaria e 3 con "accosto in andana", n. 2; 5 e 6).





Gli accosti sono destinati principalmente alle navi traghetto Ro-Pax, adibite al trasporto passeggeri e veicoli commerciali in servizio di linea con il Continente.

L'attracco n°9, i cui lavori sono stati ultimati nel corso del 2008, è destinato alle navi da crociera. La striscia di terra è composta da numerosi piazzali destinati a parcheggio e sosta degli autoveicoli commerciali e dei semirimorchi, per un totale di 107.894 metri quadrati.

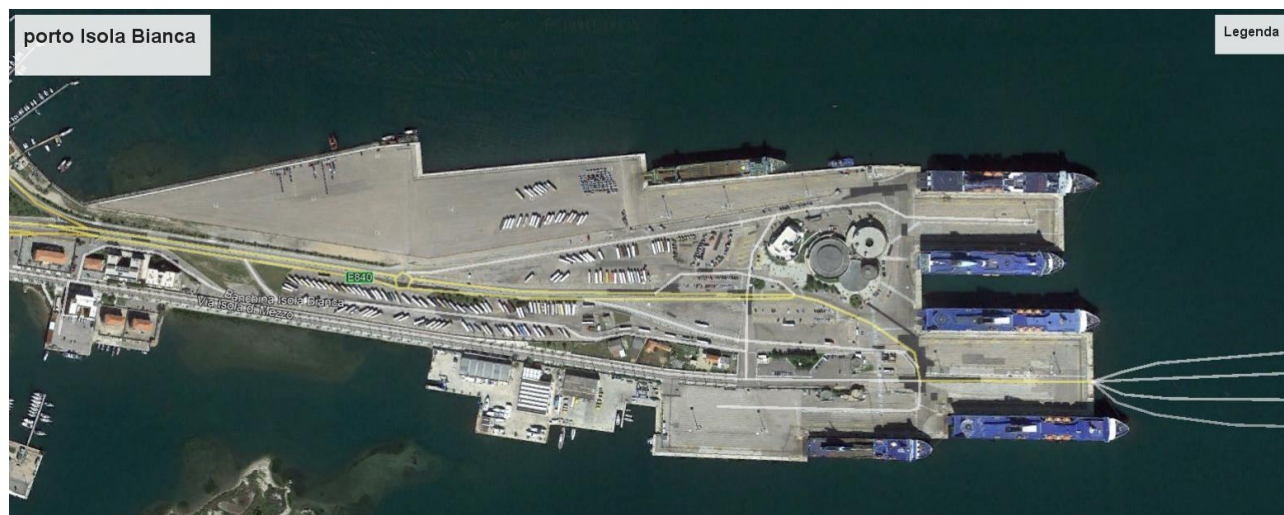


Foto porto Isola Bianca

All'interno dell'area portuale è situata la stazione marittima, progettata per accogliere fino a 6.000 passeggeri al giorno, di superficie utile pari a 6.054 m<sup>2</sup> più ulteriori spazi coperti, quali portici e terrazzi, per 958 m<sup>2</sup> da incrementare dei locali destinati alla stazione radio al quarto piano della torre centrale oggi modificata e destinata ad uffici dell'A.P. ed Enti di Stato. La struttura riesce a smaltire punte di traffico sino a 17.000 passeggeri al giorno, all'interno, oltre ad un'ampia sala di attesa per l'imbarco, un ristorante ed un bar, sono ubicati gli uffici decentrati di vari Enti ed Amministrazioni ed è assicurato un servizio di guardia medica.

Il **Porto Interno** si trova a Sud della radice del Pontile dell'Isola Bianca e vi si accede attraverso un canale, ampio circa 100 m, attualmente praticabile da navi da pescaggio non superiore a 6 m.



Foto porto interno

Il porto è costituito da:



- il Molo Benedetto Brin, di forma rettangolare, lungo 305 m e largo 61 m., con asse principale orientato da Ovest verso Est, raccordato a terra con una banchina inclinata di 45° rispetto all'asse; il lato meridionale del molo (banchina Sud) è attualmente destinata al naviglio diportistico ed alle navi da crociera di piccole e medie dimensioni. Saltuariamente, nei periodi invernali, la banchina Sud viene utilizzato per la sosta di navi traghetti Ro-Ro. La banchina Nord è destinata alla navigazione da diporto, con imbarcazioni ormeggiate a pontili radicati alla banchina stessa;
- il Molo Vecchio, anch'esso di forma rettangolare, con asse principale orientato grosso modo secondo la direzione Nord-Sud, largo circa 73 m e dotato di due banchine di diversa lunghezza, lunghe rispettivamente circa 130 m quella orientale e circa 60 m quella occidentale. Il molo è destinato al naviglio diportistico e saltuariamente alla sosta di navi traghetti Ro-Ro per i servizi di linea;
- il Dente Bosazza, di forma rettangolare con asse parallelo a quello del molo Vecchio, di larghezza pari a circa 26 m e banchine laterali lunghe circa 66 m quella orientale e circa 58 m quella occidentale, destinate ad accogliere motovedette delle Forze di Polizia, naviglio minore e diportistico;
- la Banchina di Via Genova, sempre per le motovedette delle Forze di Polizia e per il naviglio minore e diportistico.
- il Porto Romano, utilizzato da natanti da diporto, da pesca e da altre attività.

**Porto Cocciani** posto a Nord di Olbia, tra Punta Ginepro e Punta Istaula, costituisce il Porto Industriale.



*Foto porto Cocciani*

**La canaletta di accesso** al golfo di Olbia è lunga circa 1,47 miglia nautiche. Con i lavori di escavo, che prevedevano l'immersione a mare dei materiali di dragaggio, autorizzati con Decreto del Ministero dell'Ambiente prot. 13096/SI/ASM/D del 11 novembre 1988 e collaudati nel mese di giugno 1995, i fondali furono portati a quota - 11 s.l.m.m., e la larghezza della canaletta a 150 m.



Foto canaletta di accesso

### Le funzioni in atto.

Il porto di Olbia assolve attualmente le seguenti funzioni:

- terminale marittimo di primaria importanza nel panorama nazionale per i collegamenti su ruota Sardegna – continente, sviluppati per mezzo dei traghetti denominati rispettivamente Ro-Pax (traffico misto di merci e passeggeri) e Ro-Ro (traffico tutto merci);
- traffico di merci varie con navi convenzionali;
- traffico di navi da crociera.

È inoltre presente nel golfo una notevole flotta di unità da diporto, e diffusa, lungo il perimetro settentrionale, un'importante attività cantieristica a servizio della nautica da diporto. È presente inoltre un modesto terminal costruito a servizio di un'industria alimentare, la Palmera, che fino ai primi anni del secolo procedeva alla lavorazione e all'inscatolamento del tonno e riceveva periodicamente navi trasportanti la materia prima.

Attualmente tale attività, dopo un periodo di sospensione, è stata rilevata da un'altra società del settore che ha ripreso la produzione.

Il traffico di navi Ro-Pax e Ro-Ro si svolge principalmente lungo le banchine del terminale di Isola Bianca; anche il traffico delle navi da crociera si svolge in corrispondenza delle stesse banchine, attualmente in modo alquanto precario (utilizzando alcuni degli attracchi riservati normalmente alle navi Ro-Pax e l'attracco n°9), in futuro attraverso l'utilizzazione delle banchine denominate 1bis e molo Bonaria.

Presso la radice del terminale di Isola Bianca, lungo la sponda meridionale, trovano ricovero i mezzi delle Autorità (Guardia Costiera), Carabinieri, Vigili del Fuoco, etc.). I rimorchiatori non hanno una collocazione precisa, ma vengono ormeggiati lungo tratti di banchina non occupati da navi.

Lungo la banchina della parte già realizzata del porto Cocciani vengono ormeggiate navi del tipo Ro-Ro e navi convenzionali tutto merci; queste vengono trasferite a terra per mezzo di gru semoventi.

La portualità turistica è diffusa, in modo talvolta precario, lungo tutto lo sviluppo del golfo.

Esistono alcuni ormeggi modernamente organizzati: all'interno del primitivo porto commerciale, sul lato Nord del Molo Brin; alla radice Nord del terminale di Isola Bianca, nella zona di costa compresa fra la radice



ed il viadotto di attraversamento dell'insenatura del Porto Romano; nel nuovo porto turistico costruito lungo la sponda meridionale del Golfo, in prossimità dell'isola del Cavallo, in località Sa Marinedda.

Numerose unità da diporto sono ormeggiate lungo la costa settentrionale del golfo, in prossimità dei cantieri navali sorti numerosi negli ultimi anni e costituenti una realtà importante, a servizio come sono di una clientela spesso facoltosa che nel periodo estivo trova ormeggio nei numerosi porti turistici che costellano la Gallura e la Costa Smeralda in particolare.

L'attività cantieristica interessa praticamente l'intera costa, tranne l'interruzione rappresentata dal porto di Seno Cocciani e quella corrispondente all'attracco isolato della Palmera.

Infine, dal punto di vista dei traffici marittimi, è da segnalare la presenza di numerose unità sia destinate alla piccola pesca che al diporto, di lunghezza in generale molto limitata, nei due bracci di mare con cui termina ad Ovest il Golfo, oltre i due viadotti che li attraversano.

### **I piani regolatori portuali vigenti del porto di Olbia**

Il primo P.R.P. di Olbia è stato predisposto dall'Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime di Cagliari in data 22/07/1957, approvato dalla Commissione per lo studio, la redazione e l'aggiornamento dei Piani Regolatori dei Porti Marittimi Nazionali, con voto n. 2061, reso nella riunione del 16/10/1958.

Riesaminato dalla stessa commissione con voto n. 2365 del 19/2/1959, approvato dal Consiglio Superiore in Assemblea Generale con voto n. 914 del 21/05/1959, fu approvato infine, ai sensi della legge 1246 del 3/11/1961, con Decreto Interministeriale (Lavori Pubblici e Marina Mercantile) del 08/02/1962 n.1300.

Il P.R.P. è stato poi integrato da cinque varianti e da un adeguamento tecnico funzionale.

La cronologia è la seguente:

- Variante del 17/03/1964: approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto n.1914 del 17/12/1964 ed approvata a tutti gli effetti con il Decreto Interministeriale n.1020 del 13/02/1965.
- Variante del 11/08/1967: approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto n. 252 del 15/03/1968 ed approvata a tutti gli effetti con Decreto Interministeriale n.1756 del 31/05/1968.
- Variante del 30/09/1972: approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto n. 1063 del 13/12/1972 ed approvata definitivamente con il Decreto interministeriale n. 351 del 5/3/1973.
- Variante del 21/04/1980: approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con Decreto Interministeriale 28/06/1981, n. 2033, sentito il parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, in Adunanza generale del 17/10/1980.

Con l'approvazione della Variante del 1981, si può dire che il Porto di Olbia abbia ricevuto, in seguito alle mutate esigenze portuali, una ristrutturazione sostanziale attraverso una serie di interventi necessari a garantire una soluzione agli ingenti problemi di traffico, specie nei periodi di massimo afflusso.

Gli ultimi interventi sono stati presentati negli anni successivi al 1981:

- Variante del 20/12/91: approvato con Decreto Ministeriale 23/03/93, su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 28/04/92 n. 138, concernente la configurazione dei terrapieni delle corsie del pontile Isola Bianca.
- Adeguamento tecnico funzionale del vigente Piano Regolatore Portuale, elaborato in data 11 Febbraio 2004, approvato dal Consiglio Superiore dei LL. PP. con voto n. 52 del 10/03/2004. L'adeguamento prevede la "profilatura" del pontile Isola Bianca, con realizzazione di due accosti laterali lato Nord (denominati, anche se in contrasto la preesistente numerazione degli attracchi, attracchi 1 e 2), ciascuno di lunghezza pari a circa 275 m, e la realizzazione di un ulteriore accosto sul lato sud, a sud-Ovest dell'attuale accosto n. 8, denominato attracco n°9, e l'escavazione a -10 m s.m.m. di un vasto specchio acqueo antistante i nuovi attracchi.

Il Piano Regolatore del Porto Industriale di Seno Cocciani, redatto per l'allora Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione di Olbia da un gruppo di progettisti costituito dal prof. ing. Alberto Noli, dal dr. ing. Davide Paganelli, dal dr. ing. Tomaso Porcheddu, dalla Soc. Polytecna Harris, è stata approvato dal Consiglio Superiore con voto n°178 reso nell'adunanza del 23/10/1981 e col D.M. 18 Febbraio 1982 n° 5247.

Il Piano prevedeva banchine con fondale al piede di 10 m per uno sviluppo lineare di 1250 m, terrapieni per circa 60 ha e una darsena di servizio di area pari a circa 2 ha. La progettazione esecutiva completa del porto comprendeva gli edifici, gli arredi e gli impianti tecnologici, oltre all'accesso stradale e all'accesso ferroviario (progettato in funzione della possibilità di inserimento di un terminale destinato ad alleggerire lo scalo di Golfo Aranci).

Successivamente, dovendosi procedere alla progettazione esecutiva dell'intero porto e di un primo stralcio funzionale, fu richiesto da parte dell'appena costituito Ministero dell'Ambiente uno S.I.A., assoluta novità per quei tempi. Nel corso dell'esame del S.I.A. emerse la necessità di ridurre la larghezza del terrapieno addossato al confine settentrionale del porto.



*Immagine del progetto dell'intero porto Cocciani*

Fu pertanto approntata una soluzione di variante che soddisfaceva le esigenze ambientali, pur se non ottenne l'approvazione da parte del competente Ministero.

In vista dell'utilizzazione del finanziamento assentito, fu deciso di eseguire unicamente la parte del PRP approvato che non risultava in contrasto con la soluzione di variante approntata. Questa fu approvata solo più tardi, come adeguamento tecnico funzionale del Piano Regolatore Portuale in vigore, dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nell'adunanza del 29-09-1998 prot. N°402, ma nonostante tale approvazione il Ministero dell'Ambiente, anche a seguito a seguito dell'intervento della Commissione Europea, con parere motivato n.1999/2257 del 17 Dicembre 2002, ha rilevato l'obbligo di sottoporre l'intervento a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale secondo le disposizioni della Direttiva 85/337/CEE, in quanto sono previsti avanzamenti della linea di costa a seguito di interramenti, prima di formalizzare il proprio assenso, ha chiesto di sanare una volta per tutte l'annosa vicenda.



## 1.2 ANALISI DELLE PRINCIPALI PRESSIONI CHE INSISTONO SULL'AREA

Nella seguente tabella vengono riportati in forma tabellare le tipologie delle pressioni antropiche che insistono nel contesto ambientale in cui è inserito il golfo di Olbia ed un giudizio sul livello di pressione raggiunto.

Tabella 1 - Tipologia e livelli di pressioni

TIPO DI INFORMAZIONE	DESCRIZIONE SINTETICA		
	TIPOLOGIA	SPECIFICHE	LIVELLO (E,M,B-N)#
Tipologia di attività all'interno dell'area o nel contesto ambientale in cui l'area è collocata	RICREATIVA*	-	-
	INDUSTRIALE	Cantiere nautico	M
	COMMERCIALE	Principale scalo del nord-est della Sardegna	E
	PASSEGGERI	Principale scalo del nord-est della Sardegna	E
	DIPORTO	Presenza stabile di nautica da diporto	M
	PESCA E ACQUACOLTURA	Presenza stabile di impianti di acquacoltura e modesta presenza di piccole imbarcazioni da pesca.	M
	ALTRO	-	-
Natura e ubicazione delle pressioni	La maggiore pressione antropica è quella relativa alla fruizione del porto come scalo per passeggeri e merci. Si possono ritenere invece marginali le altre pressioni antropiche che insistono nel golfo di Olbia.		
Data, ubicazione, entità e caratteristiche di sversamenti accidentali documentabili	Non sono segnalati sversamenti accidentali che abbiano prodotto segnalazioni o dati documentabili. Non si possono escludere piccoli sversamenti allo scarso rispetto delle norme di smaltimento delle acque di sentina o durante i rifornimenti.		

\* Nel caso di spiaggia

# E: elevato; M: medio; B-N: basso o nullo

## 1.3 ANALISI E MAPPATURA DEI PRINCIPALI ELEMENTI DI PREGIO NATURALISTICO, DELLE AREE DI TUTELA E DEGLI OBIETTIVI SENSIBILI PRESENTI NELL'AREA DI ESCAVO E IN AREE LIMITROFE.

Nell'ambito del contesto del golfo interno di Olbia sono stati identificati:

- Aree a vincolo archeologico;
- Spiagge prossimali;
- Foce del Riu Padrongianus. Il Riu Padrongianus termina con foce a delta. Nella Rada di Olbia nella quale si riversano periodicamente abbondanti torbide fluviali. Essa, anche per tale ragione e contrariamente a quanto si ritiene, non costituisce un porto naturale sedimentologicamente stabile o geomorfologicamente in equilibrio. Semmai possiede i connotati naturali di una incipiente laguna (pre-laguna) che necessita di periodici interventi umani in corrispondenza della "bocca", per garantire, malgrado le tendenze dell'insabbiamento, la funzionalità della navigazione.
- Riu Eligheddu, Rio San Nicola. Entrambi si riversano all'interno della rada, da ovest ad est, e sono abbondantemente artificializzati nei tratti terminali sin dall'inizio del secolo scorso.
- Riu Gialdinu (altrimenti noto Riu Zozzo), il Riu di Cabbu Abbas, il Riu Padredduri, Riu Balidone. Entrambi sono stati deviati e sistemati in tempi più recenti per lasciar spazio a lotti nella zona industriale
- Alcuni compluvi minori con foce sempre nel settore a settentrione, in località Scalo delle Draghe

In merito alle suddette aree l'unica interferenza teoricamente possibile con l'area portuale è quella del vincolo archeologico stante il fatto che, in precedenti indagini, all'interno dell'area portuale sono stati rinvenuti manufatti di interesse storico-archeologico. Prima della realizzazione dei sondaggi si valuterà con



la Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per le province di Sassari e Nuoro se saranno necessarie indagini ispettive preliminari o contestuali alle attività di indagine di caratterizzazione.

Nello specifico della rada di Olbia, la morfologia dei sedimenti è soggetta certamente all'influenza del flusso idrico fluviale (quindi delle portate idriche e solide) e dei flussi generati dalle ampie escursioni di marea (con 0,60 m).

#### 1.4 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE IDRODINAMICHE E CHIMICO-FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.

##### 1.4.1 Opere di manutenzione fondali

Negli ultimi anni sono stati effettuati numerosi interventi di manutenzione dei fondali, con movimentazione del materiale nelle aree contigue, sia nel pontile isola Bianca, sia nella canaletta di accesso al golfo di Olbia. In particolare, nel pontile Isola Bianca sono stati effettuati i seguenti interventi di manutenzione dei fondali, con movimentazione del materiale in aree contigue:

- a) Nel 2012, presso gli accosti n. 7, n. 8 e n. 9, sono stati effettuati lavori di manutenzione. Durante le attività di manutenzione sono state effettuate, al fine di ridurre e mitigare l'impatto degli interventi in un punto d'installazione della sonda, attività di monitoraggio in continuo della colonna d'acqua con sonda multiparametrica. La strumentazione elettronica utilizzata ha permesso di effettuare la rilevazione automatica dei seguenti parametri:
- *Livello (m):* la misura di livello viene effettuata mediante dei sensori di pressione assoluta.
  - *temperatura (°C):* la misura di temperatura viene effettuata utilizzando sensori in platino, la cui resistenza elettrica varia con la temperatura.
  - *concentrazione di ossigeno disciolto (%):* La misura viene effettuata mediante una sonda polarografica che si basa sulla diffusione dell'ossigeno disciolto attraverso una membrana.
  - *potenziale redox (mV):* la misura del redox avviene mediante un metallo nobile (platino) a contatto con il liquido da misurare.
  - *ph:* La misura del pH avviene mediante il metodo potenziometrico basato sulla legge di Nernst, con un valore di pH che viene generato da una cella elettrochimica e secondo elettrodo a potenziale fisso, detto riferimento.
  - *conducibilità (mS):* la misura della conducibilità elettrica di un liquido è utilizzata per controllarne il contenuto salino o la concentrazione ionica di soluzioni acide, basiche, saline.
  - *torbidità (NTU):* la misura della torbidità (Nephelometric Turbidity Unit) si basa sulla valutazione della intensità della radiazione delle onde luminose diffuse nel mezzo, in funzione delle particelle in sospensione in esso e per confronto con sospensioni a concentrazioni note.

Per la manutenzione dei fondali degli accosti n. 7, n.8 e n. 9, la sonda è stata collocata a sud del pontile Isola Bianca e come da planimetria allegata, in un punto immediatamente esterno all'area interessata dai lavori e verso attività di acquacoltura.





Le coordinate in WGS84 del punto di monitoraggio sono:

<b>Sonda 1</b>	<b>40° 55' 16.12" N</b>	<b>9° 31' 10.56" E</b>
----------------	-------------------------	------------------------

I lavori hanno interessato un'area di intervento contenuta entro i primi trenta metri dal bordo banchina dell'accosti n. 8 e n. 9.

- b) Nel 2013, presso gli accosti n. 5, n. 6, n. 7, n. 8 e n. 9, e presso l'invasatura degli accosti n. 3 e n. 4, sono stati effettuati lavori di manutenzione. Durante le attività di manutenzione sono state effettuate, al fine di ridurre e mitigare l'impatto degli interventi, in due punti d'installazione delle sonde, attività di monitoraggio in continuo della colonna d'acqua con sonde multiparametriche. La strumentazione elettronica utilizzata ha permesso di effettuare la rilevazione automatica dei parametri sopra descritti.

Le sonde sono state collocate a sud e a ovest del pontile Isola Bianca, come da planimetria allegata, in punti immediatamente esterni all'area interessata dai lavori e a protezione delle attività di acquacoltura.



Le coordinate in WGS84 dei punti di monitoraggio sono:

<b>Sonda 1</b>	<b>40° 55' 16.12" N</b>	<b>9° 31' 10.56" E</b>
<b>Sonda 2</b>	<b>40° 55' 28.05" N</b>	<b>9° 31' 40.32" E</b>

Nella canaletta di ingresso al golfo interno, sono stati effettuati i seguenti interventi di manutenzione dei fondali, con movimentazione del materiale in aree contigue:

- c) Nel febbraio 2016 sono stati effettuati lavori di manutenzione. Durante le attività di manutenzione sono state effettuate, al fine di ridurre e mitigare l'impatto degli interventi, in tre punti d'installazione delle sonde, attività di monitoraggio in continuo della colonna d'acqua con sonde multiparametriche. La strumentazione elettronica utilizzata ha permesso di effettuare la rilevazione automatica dei parametri sopra descritti.

Le sonde, due mobili e una fissa, sono state collocate a sud e a nord della canaletta come da planimetria allegata, in punti immediatamente esterni all'area interessata dai lavori e a protezione delle attività di acquacoltura.

Le coordinate in WGS84 dei punti di monitoraggio sono:

<b>Sonda 159</b>	<b>40° 55' 24.48" N</b>	<b>9° 33' 18.12" E</b>	<b>Fissa</b>
<b>Sonda 160</b>	<b>40° 55' 16.62" N</b>	<b>9° 33' 38.1" E</b>	<b>Mobile – dal 20.02.2016</b>
<b>Sonda 160</b>	<b>40° 55' 22.08" N</b>	<b>9° 33' 56.76" E</b>	<b>Mobile – dal 21.02.2016</b>



#### 1.4.2 Strumentazione utilizzata e parametri acquisiti

In corrispondenza dei punti definiti in precedenza ed esterni all'area dei lavori, durante i lavori di manutenzione, sono state collocate due sonde multiparametriche ambientali con data logger incorporato, che permette l'acquisizione in continuo dei parametri delle acque.

L'utilizzo di strumentazione dotata di conduttori e sensori, ha permesso l'acquisizione programmata dei parametri qualificativi per le acque, senza la necessità di prelievi e successive analisi di laboratori



*Sonda ambientale multiparametrica SA 8060.10X*

Il tipo di sonda sopracitata, con acquisizione programmata a frequenza nota, è stata calibrata mediante le operazioni di taratura dei sensori e di selezione dei parametri di funzionamento della stessa. A intervalli di circa 3/4 giorni si è opportunamente provveduto al download dei record acquisiti per permettere la registrazione dei nuovi valori e alla ricarica della batteria interna. La scelta dei punti di monitoraggio è stata effettuata sulla base delle prossimità con l'area in cui sono stati effettuati i lavori e la presenza di concessioni di acquacoltura (allevamenti mitili). E' stato così sottoposto a monitoraggio tutto il lato sud e nord del golfo interno di Olbia. La profondità media delle sonde è stata di circa 2,30 metri dal l.m.m. con oscillazioni di circa 40/50 cm.

#### 1.4.3 Analisi dei dati della torbidità

L'attività di monitoraggio delle colonne di acqua immediatamente antistanti le aree interessate dalle attività di dragaggio e immersione dei sedimenti è stata continuativa, tranne che per brevi periodi (di circa 3 ore) necessari allo scarico dei dati registrati e alla ricarica delle batterie dei dispositivi.

Per tutti gli interventi di manutenzione, per quanto concerne la torbidità, i valori hanno presentato un andamento pressoché costante durante l'intero periodo di rilevazione dei dati. La linea di tendenza, infatti, non rileva, per il periodo considerato, trend di alcun tipo.



Risulta però possibile fare altre considerazioni in merito ai periodi identificabili con quello antecedente l'inizio dei lavori di risistemazione dei fondali, il periodo coincidente con l'esecuzione dei lavori ed il periodo, seppur più breve, di post cantiere. Infatti, le medie e le varianze dei valori registrati durante i tre periodi subiscono delle modifiche in qualche modo apprezzabili, sulle quali è possibile effettuare considerazioni.

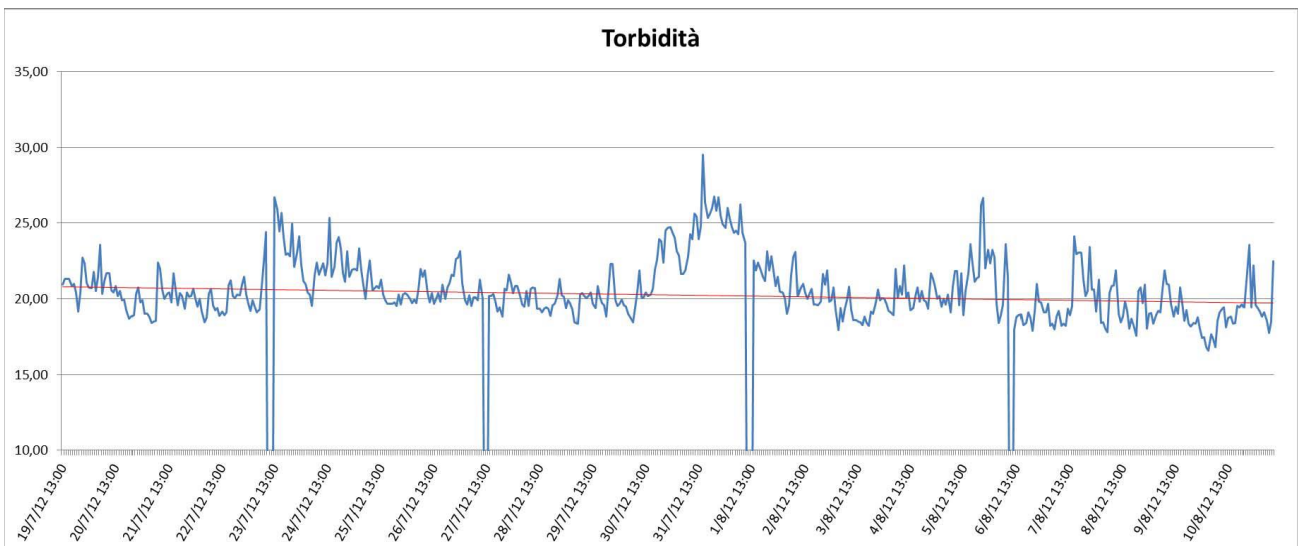
Le medie dei periodi a cavallo delle lavorazioni sono leggermente inferiori rispetto a quella durante le lavorazioni, mentre le varianze degli stessi periodi mostrano valori discretamente inferiori.

Il confronto dell'insieme dei valori medi dei tre periodi mette in evidenza un minimo incremento dei valori assoluti in unità nefelometriche.

Gli scostamenti dalle rispettive medie rifletterebbero, infatti, la diretta connessione della movimentazione dei fondali con i livelli di torbidità registrati. Le variazioni durante le attività danno, relativamente ai valori medi, misurazioni "alte" attribuibili alle attività delle macchine nelle ore diurne e misurazioni "basse" nei periodi di stasi tardo pomeridiana e notturna. I valori numerici riferiti alla torbidità decrescono rapidamente al cessare dei lavori, sia nell'ambito giornaliero, come dimostrato dai picchi orari, sia al termine del periodo delle operazioni di sistemazione dei fondali.

Su tale affermazione bisogna comunque rimarcare che si è argomentato su variazioni minimamente significative e che, inoltre, non può essere valutato l'effetto incrementale sulla torbidità dovuto agli accosti e le partenze delle navi anche dai moli interessati alle lavorazioni per le quali non vengono registrati gli orari effettivi di movimento.

Si riporta di seguito il grafico ottenuto nel 2012 durante le attività di manutenzione presso gli accosti. Nel 2012, presso gli accosti n. 7, n. 8 e n. 9 che, per quanto concerne la torbidità, i valori presentano un andamento pressoché costante durante l'intero periodo di rilevazione dei dati, cioè dal 19 luglio 2012 all'11 agosto 2012. La linea di tendenza, infatti, non rileva, per il periodo considerato, trend di alcun tipo.



## 1.5 INFORMAZIONI SULLE ATTIVITÀ DI ESCAVO PREGRESSE

Nel febbraio del 1988, sono stati consegnati i lavori di escavo per l'approfondimento, a quota - 11 s.l.m.m., e l'allargamento, a 150 m, della canaletta di accesso al golfo interno di Olbia, lavori collaudati nel mese di giugno 1995.



I suddetti lavori di escavo prevedevano l'immersione a mare dei materiali di dragaggio, autorizzati con Decreto del Ministero dell'Ambiente prot. 13096/SI/ASM/D del 11 novembre 1988.

Nell'ottobre 2008, con l'esecuzione dei lavori di realizzazione delle nuove banchine (moli 1 e 2bis) e di approfondimento dei fondali fino ad una profondità di circa -8,0 m dal livello medio del mare e del molo n. 9, sono state effettuate le caratterizzazioni ambientali delle aree interessate dai lavori di dragaggio e site a nord e a sud del pontile Isola Bianca. In particolare, nell'area al largo del molo 9, l'allora PMP di Sassari effettuò un'indagine costituita da due campioni di sedimento marino, situati rispettivamente a 9,00 m e 6,30 m di profondità dal livello medio del mare. Dai risultati ottenuti si poteva affermare che nessuno degli analiti ricercati era presente in concentrazione superiore ai limiti indicati nella colonna B della tabella 1 dell'Allegato 5 agli allegati alla parte V del titolo quarto del D.lgs. 152/06, che peraltro al tempo non era ancora stato emanato.

Tuttavia, essendo la porzione di fondale da dragare molto più estesa rispetto a quella indagata in passato, ed ai fini dell'ottenimento dell'autorizzazione «all'immersione in mare o in casse di colmata di materiali provenienti dall'escavo di fondali marini», ai sensi dell'art.109 del D.lgs. 152/06, è stata attivata una nuova procedura di caratterizzazione dei sedimenti del fondale marino prospiciente i moli 1 e 2 nonché quello antistante il molo 9. Tali attività sono state concordate sia con l'Autorità competente, il Settore Tutela Ambiente ed Ecologia della Provincia di Olbia – Tempio, che con l'Ente tecnico di controllo, l'Arpas – Dipartimento provinciale di Sassari ora Dipartimento di Olbia – Tempio.

Sono state inoltre compiute indagini analitiche sui terreni del terrapieno di Cala Cocciani, sì da valutarne la piena compatibilità con la cava, previsto sito di deposito, così come prescritto dall'art. 186 del D. lgs. 152/06 «Terre e rocce da scavo».

Infine, dietro richiesta dell'Arpas, ai fini della verifica della qualità dei materiali derivanti dalla precedente fase di escavo dei fondali antistanti i moli 1 e 2, è stata condotta una campagna di monitoraggio, sia sui cumuli presenti nell'area del cantiere, sia sui sedimenti depositati al di sotto dei piazzali già asfaltati e nella frazione di piazzale in attesa di completamento.

#### 1.5.1 Caratterizzazione dei fondali

Per le due aree marine sottoposte ad operazioni di approfondimento del dragaggio, in corrispondenza dei moli 1 e 2 e, sull'altro lato, di fronte al molo 9, è stata ipotizzata la seguente modalità di caratterizzazione:

- per l'area antistante i moli 1 e 2, sono stati ipotizzati 2 sondaggi totali, in quanto, nonostante l'ampia superficie coinvolta, ci si attendeva la presenza di materiale sciolto solo sul 10% dell'area totale di dragaggio (circa 6 ettari), mentre la restante superficie si riteneva fosse costituita da litologie lapidee o semi lapidee, quindi non campionabili. La verifica diretta, effettuata sul campo attraverso l'utilizzo di asta punta su una maglia regolare di lati 50x50, ha confermato le previsioni ed individuato i punti di maggior presenza di sedimento sciolto e/o addensato, su cui successivamente è stato effettuato il campionamento;
- per l'area antistante il molo 9, la cui conformazione del fondale è differente dalla precedente, è stata ipotizzata una maglia 100x60, che ha portato all'individuazione di 4 sondaggi;
- l'Arpas ha previsto di prelevare quattro campioni provenienti da 2 dei 6 sondaggi e, più precisamente, quelli provenienti dai sondaggi Sm1\_01 e Sm9\_03;
- nell'ambito delle attività di indagine, si è anche previsto il campionamento della colonna d'acqua, con il prelievo di due campioni, uno nello specchio acqueo antistante i moli 1 e 2, e l'altro in quello antistante il molo 9.

Le attività di campionamento sono state svolte nelle giornate del 18, 19 e 20 novembre 2009 dalla ditta S.I.G.E. S.r.l di Cagliari, ed hanno portato alla formazione dei campioni indicati nella seguente tabella. I sondaggi sono stati effettuati attraverso una macchina carotatrice subacquea governata da un operatore sub.



Molo n. 9					
Codice campione	Campioni prelevati (m)				
Sm9_01	0,00 - 0,50	0,50 – 1,00	1,00 – 1,50		
Sm9_02	0,00 - 0,50				
Sm9_03	0,00 - 0,50	0,50 – 1,00	1,00 – 1,50	1,80 – 2,00	2,00 – 2,40
Sm9_04	0,00 - 0,50	0,50 – 1,00			

Molo n. 1 e n. 2					
Codice campione	Campioni prelevati (m)				
Sm9_01	0,70 - 1,00	1,00 – 1,50			
Sm9_02	0,00 - 0,50				

In tutto sono stati prelevati 6 sondaggi, che hanno portato alla formazione di 14 campioni totali. Dalle analisi analitiche dei campioni, solo alcuni valori superano i livelli chimici di Base. Si allega alla presente la “Relazione Tecnica conclusiva di caratterizzazione per l’uso di terre e rocce da scavo e caratterizzazione dei materiali di dragaggio”, nella quale sono riportati in sintesi i risultati delle indagini analitiche. In rosso sono riportati i valori che superano i Livelli Chimici di Base, mentre in rosso e grassetto i valori che superano le concentrazioni di soglia di contaminazione colonna A della tabella 1 dell’allegato 5 al titolo V della parte IV del D.lgs. n°152/2006 (siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) ma che risultano notevolmente inferiori a quelli riportati in colonna B (siti ad uso commerciale ed industriale) più pertinenti al sito in oggetto.

Le indagini hanno interessato anche i sedimenti marini già dragati e tombati provenienti dall’escavo prospiciente i moli 1 e 2, attraverso l’individuazione di n.5 punti di sondaggio ubicati nel piazzale già completo del molo 2 e nelle aree del cantiere non occupate dai cumuli, fino ad una profondità orientativa di 2 m, denominati rispettivamente Sm\_01, Sm\_02, Sm\_03, Sm\_04 e Sm\_05.

Ai campioni ottenuti, è stato applicato il set analitico desunto dal manuale APAT – ICRAM per la movimentazione dei sedimenti marini in area portuale (tabella 2.1a del documento). Le operazioni si sono svolte nelle giornate del 19 e 20 ottobre 2009. I campioni sono stati prelevati, per 4 dei 5 sondaggi, dai tratti inferiori delle carote contenenti effettivamente prodotti escavati, avendo cura di scartare la porzione superiore, identificata dal rinvenimento del geotessile e costituita da prodotti di origine esterna - come tout venant ed asfalto - utilizzati quale sottofondo per le banchine e come pavimento del piazzale. In corrispondenza del sondaggio Sm\_05, situato nella parte più a sud del cantiere, alla radice del molo 1, alla data dell’indagine non era stato ancora steso il tout venant né posizionato lo strato di geotessile. Per tale ragione, a differenza degli altri sondaggi, da quest’ultimo è stato prelevato un campione dal primo metro, tutto costituito da sedimenti marini dragati.

Dagli esiti analitici, riportati nella relazione allegata, si può notare come nessuno dei parametri analizzati superi le concentrazioni soglia di contaminazione definite dalla colonna A, tabella 1, allegato V al titolo V della parte quarta del D. lgs. 152/06 per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale, indicati dal suddetto documento APAT ICRAM come riferimento per i materiali riutilizzati all’interno delle casse di colmata e qui riportati nella penultima colonna a destra e neppure i Livelli Chimici di Base utilizzati come elemento distintivo per l’individuazione della possibile destinazione.

Per quanto riguarda i cumuli di materiali accatastati all’interno del cantiere, nel giorno 20 Ottobre 2009 sono stati composti di concerto con ARPAS n.2 campioni, derivanti dal medio composito di – rispettivamente – 20 e 28 aliquote di materiale prelevato da vari punti dei cumuli stessi. I volumi prelevati sono stati sottoposti a quartature successive, che hanno dato origine ai campioni definitivi oggetto delle indagini analitiche, il cui set è stato definito seguendo quanto previsto dal manuale APAT – ICRAM per la movimentazione dei sedimenti marini in area portuale. Anche in questo caso nessuno degli analiti ha superato i limiti indicati dal D.lgs. 152/06 per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale.

Nell'ambito delle indagini, è stato previsto il prelievo di due campioni di acqua marina, uno dall'area prospiciente i moli 1 e 2, e l'altro dall'area di fronte al molo 9, sia per definire un quadro di riferimento dei vari parametri di tale componente, in vista di un futuro monitoraggio

periodico, sia per verificare l'eventuale influenza sulla torbidità generata da operazioni di movimentazione del fondale, soprattutto nello specchio acqueo antistante i moli 1 e 2, sede di importanti lavori.

Dai risultati delle indagini sui campioni di acqua marina, denominati Smw01 e Smw09, non si evidenzia la presenza sopra i limiti di rilevanza delle principali sostanze contaminanti. Per ciò che concerne la torbidità è evidente il valore superiore in corrispondenza del settore non ancora interessato dai lavori. Ciò conferma indirettamente quello che era già stato osservato durante le attività di manutenzione ordinaria previste dall'Autorità Portuale di Olbia, Golfo Aranci e Porto Torres, tra il mese di luglio ed il mese di agosto 2009 dei moli 3 e 4, e cioè che la torbidità è maggiormente legata al movimento delle eliche delle navi durante gli accosti rispetto ad altri fattori quali le attività di dragaggio.

## 1.6 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE MORFO-BATIMETRICHE E SULLE CARATTERISTICHE DEI FONDALI

Nel periodo del gennaio 2018 il R.T.I. composta dalla ditta PRISMA s.r.l. e CRITERIA s.r.l. ha eseguito il rilievo batimetrico con sistema multibeam.

### 1.6.1 Descrizione dell'area indagata e del piano di indagine

In Figura 1.6.1 sono riportate le aree di indagine che hanno interessato i rilievi in oggetto di ispezione, il piano di indagine prevedeva una ispezione di tipo batimetrico secondo linee di navigazione studiate in fase di progettazione. L'area del porto di Olbia è stata scandagliata con linee di navigazione perpendicolari all'area portuale. Per garantire una sovrapposizione di almeno il 30% tra gli swath di indagine, con le profondità incontrate nella zona, si è dovuto procedere con un'interlinea di non oltre 35 metri tra i singoli tracciati d'ispezione. (Figura 1-6-1 ).



Figura 1-6.1 - Linee di navigazione progettate per le aree oggetto di studio

### 1.6.2 Rilievo batimetrico

L'ispezione di tipo batimetrico per la determinazione delle profondità dell'area di studio è stato fatto con una strumentazione MBES della Teledyne modello RESON SeaBat T20-P.

### 1.6.3 Procedure operative e mezzi utilizzati

Il rilievo batimetrico è stato realizzato con l'ausilio di un mezzo nautico della flotta in dotazione agli ormeggiatori del porto di Olbia e opportunamente mobilitata per l'esecuzione del rilievo.

Sulla M/N "Anna" sono stati installati un sistema di posizionamento DGPS RTK della LEICA ed ecoscandaglio idrografico di tipo multibeam, T20-P della Reson, entrambi i sistemi sono stati interfacciati con il software di navigazione PDS2000 della RESON Teledyne. Questo software permette di seguire tutte le fasi principali del

rilievo batimetrico, sia in fase di acquisizione dati in campo, quindi in real time, calibrazione e settaggio degli strumenti, nonché elaborazione dati.

Le diverse fasi relative al rilievo batimetrico sono evidenziate in Figura 1.6.3.1. La prima fase è una fase di pre-acquisizione dati che avviene in sede, nella quale sono predisposte le rotte di navigazione da seguire durante l'acquisizione dati. A questa segue la fase di campo durante la quale i dati vengono acquisiti ed infine una fase post-acquisizione nei quali i dati vengono elaborati e i risultati vengono prodotti (DTM – Digital Terrain Model, carte e profili batimetrici).

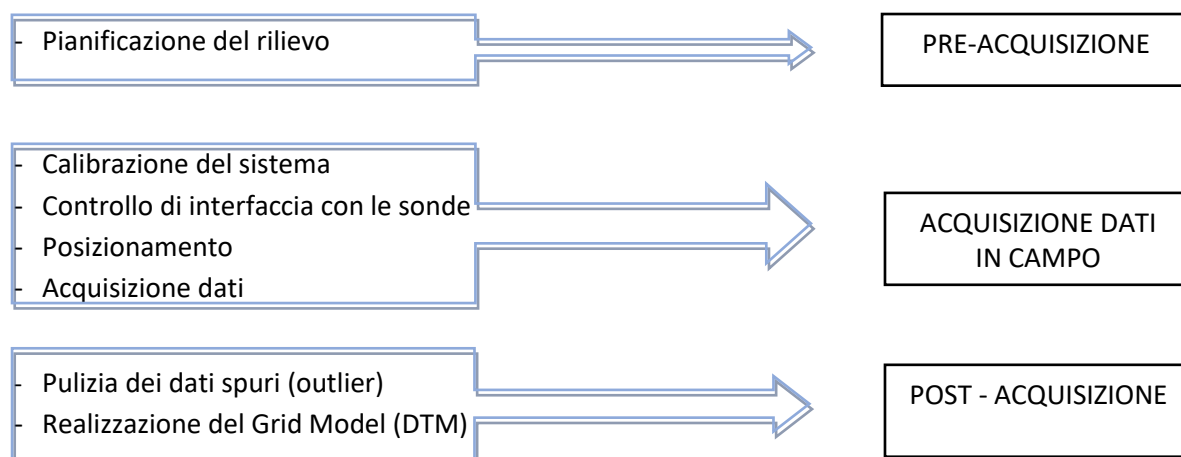


Figura 1.6.3.1– Fasi relative al rilievo batimetrico

#### 1.6.4 Sistema MBES RESON T20-P

La tecnologia Multibeam è riconducibile al settore dell'elettroacustica subacquea. Essa si basa su un principio molto semplice: ammesso di conoscere la velocità del suono nei mezzi di trasmissione presenti in situ, misurando il tempo di andata e ritorno del segnale si può risalire alla profondità del fondale e degli orizzonti geologici sottostanti. Nella sismica marina per riflessione, la posizione del fondale, rispetto al livello del mare, viene determinata dalla misura o registrazione del "tempo di andata e ritorno in millisecondi", internazionalmente noto come TWTT (Two Way Travel Time) impiegato dal segnale acustico emesso dalla sorgente per raggiungere il ricevitore. La profondità in metri del fondale viene normalmente determinata moltiplicando il TWTT/2 per la velocità di propagazione delle onde di pressione fino al fondale. Per la velocità del suono in acqua di mare bisogna sottolineare che essa varia in funzione di pressione (profondità), temperatura e salinità.

Il Multibeam è praticamente un sonar a grande apertura di fascio (l'angolo di apertura del fascio emettitore è sempre superiore a 50°- 55° contro i 6°-11° dei normali ecoscandagli) in modo da poter coprire in ogni ciclo di misura una striscia di fondale abbastanza larga e trasversale alla navigazione; in ricezione riceve su fasci multipli di piccola apertura. Questa prerogativa permette due realizzazioni importanti: la velocità di esplorazione di una area e la sua copertura totale, obiettivo questo molto dispendioso da raggiungere con il Singlebeam. Con il Multibeam la ricostruzione del fondale procede in tempo reale con la prospezione ed è realizzata con ottimo dettaglio, la carta batimetrica è disponibile subito dopo con l'affiancamento delle varie strisce di fondale.

Questo tipo di ecoscandaglio, a differenza del SingleBeam, irradia su una superficie molto ampia di fondale; si passa quindi da un'acquisizione per singoli punti (beam) lungo la rotta di navigazione ad un'acquisizione continua con un campionamento del fondale, perpendicolarmente alla direzione di avanzamento dell'imbarcazione, che utilizza 512 beams contemporaneamente, coprendo una fascia di fondale pari a tre volte la profondità indagata.

Il multibeam RESON SeaBat T20-P è una delle migliori soluzioni per le indagini marine di basso fondale, di fatto il T20-P è stato progettato per essere l'avanguardia dei rilievi geofisici e ambientali ed è stato progettato grazie ai feedback di operatori del settore.

I suoi 512 beam rendono questo strumento adatto alla mappatura sia per le campagne ambientali che per indagini di strutture sommerse, la restituzione di dati di alta precisione richiedono una minima pulizia e post-elaborazione:

### 1.6.5 Descrizione dei risultati

La caratterizzazione della natura del fondale nei contesti del Porto di Olbia, è stata eseguita su base morfologica a partire dal DEM ad alta risoluzione con cella pari ad 0.5m ed è riferibile alle sole porzioni superficiali, in quanto la tipologia delle indagini condotte non consente di approfondire la conoscenza, se si dovesse desiderare una caratterizzazione del substrato con profondità di indagine di alcuni metri si suggerisce di affiancare al rilievo batimetrico l'esecuzione di un rilievo Sub Bottom Profiler capace di restituire una ricostruzione stratigrafica dell'area oggetto di movimentazione e dragaggio.

Nella carta della natura del fondale sono state riconosciute differenti tipologie:

1. *Aree a copertura sedimentaria.* Sono aree in cui la presenza di strutture sedimentarie superficiali, generate da correnti naturali o da cause antropiche (come nelle aree dei bacini di evoluzione delle navi) permettono di riconoscere una copertura sedimentaria dell'area.

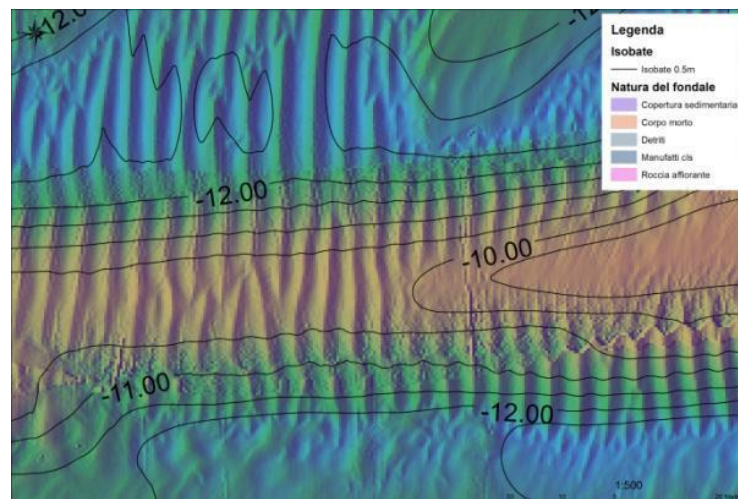


Figura 1.6.5.1 Area B, canaletta di ingresso al Porto di Olbia, il riconoscimento di forme trattive di fondo (dune/ripples simmetrici) ha permesso di discriminare la natura del fondale.

2. *Aree a roccia affiorante e sub-affiorante.* Si tratta di aree in cui si riconoscono delle morfologie assimilabili ai Tor granitici, evolutisi in ambiente sub aereo ma che al momento si trovano parzialmente coperti dal riempimento sedimentario alluvionale della Rìa di Olbia. È possibile, ma non rilevabile la presenza di ulteriori affioramenti rocciosi poco al di sotto della coltre sedimentaria.

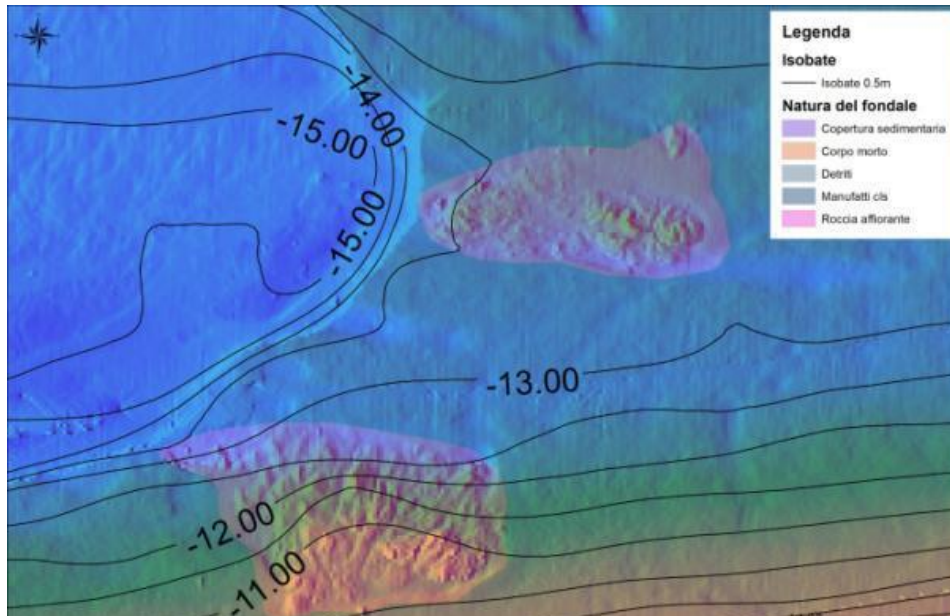


Figura 1.6.5.2 Area A, settore sud del bacino di evoluzione del Porto di Olbia, le morfologie tipiche dell'alterazione superficiale delle litologie granitiche (Tor) hanno permesso di discriminare degli affioramenti rocciosi.

3. **Detriti.** Sono stati identificati sui fondali accumuli di detriti con blocchi di dimensioni fino a 4m.

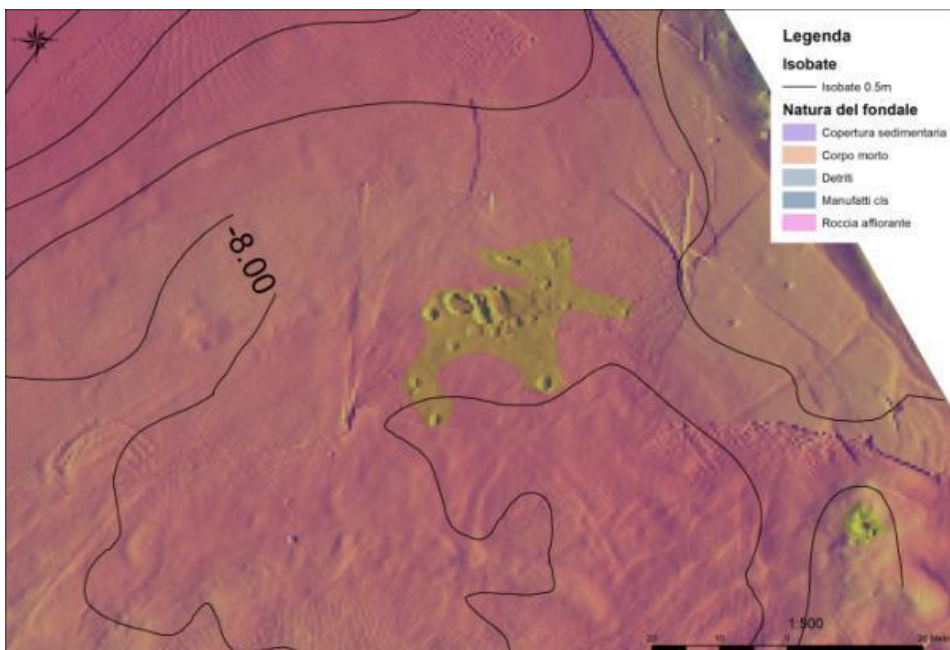


Figura 1.6.5.3 Area D, settore Cocciani Nord, è possibile distinguere un accumulo di detriti di dimensioni metriche.

4. **Corpi morti.** A partire dal DEM a risoluzione pari a 0.5m è stato possibile individuare la presenza di corpi morti utilizzati per il posizionamento delle boe di ormeggio e dei segnalamenti marittimi.



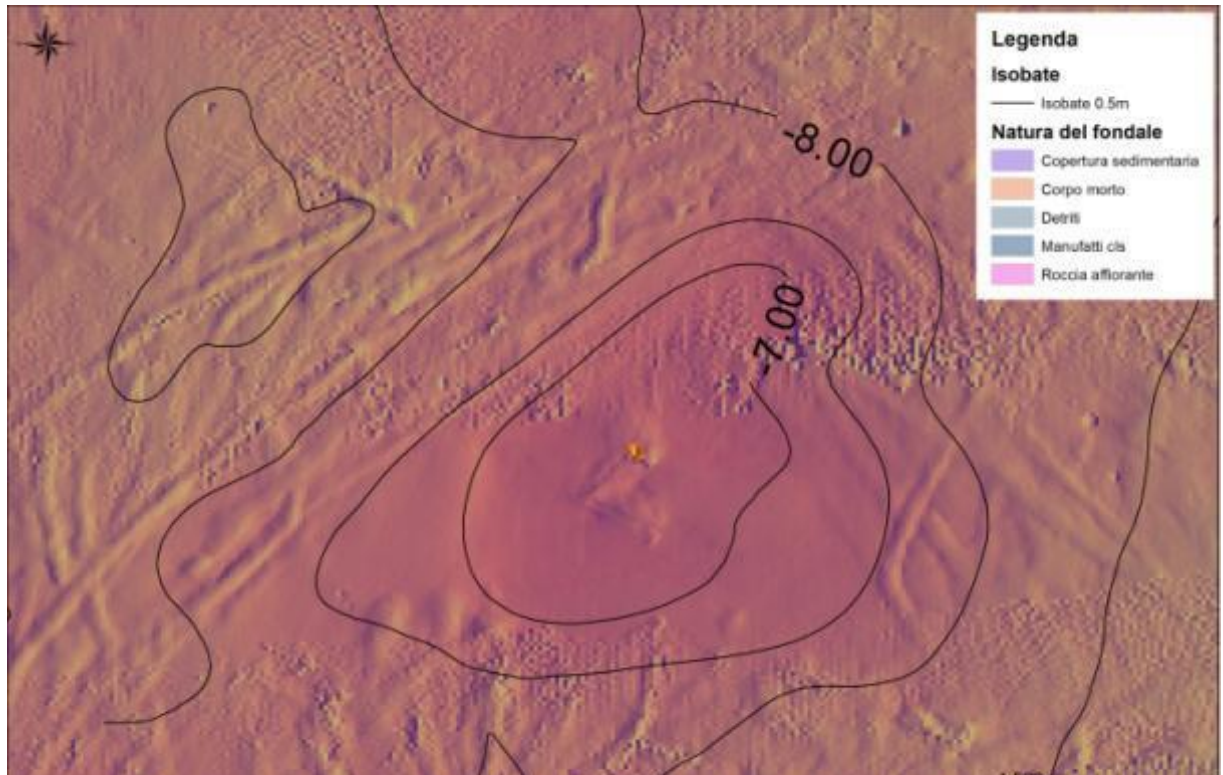


Figura 1.6.5.4 Area A, si riconoscono i corpi morti delle grandi boe di ormeggio al largo del molo Cocciani.

5. **Strutture in CLS.** Al piede del molo 1 e del molo Bonaria del Porto di Olbia sono state individuate delle paratie forate in CLS di dimensioni 5x3m adagate sul fondo.

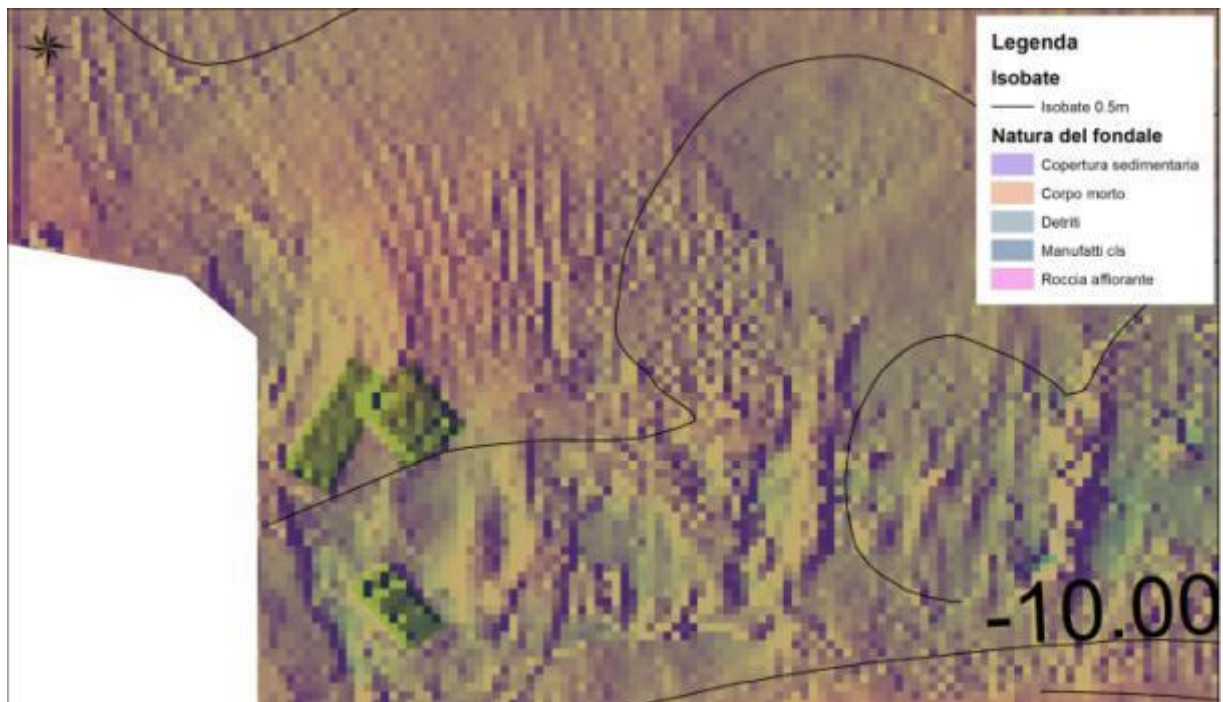


Figura 1.6.5.5 - Area a, testata del molo 1, sono state riconosciute delle paratie in cls adagate al piede della banchina.



## 1.7 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE CHIMICHE DEI SEDIMENTI DELL'AREA DI ESCAVO

Le più recenti attività di campionamento ed analisi dei sedimenti marini si sono svolte nell'agosto 2018 presso la canaletta di ingresso al porto e nel settembre 2018 presso il porto Isola Bianca.

### 1.7.1 Canaletta di accesso al porto di Olbia

A seguito di rilievi batimetrici effettuati nel mese di gennaio 2018 è stato constatato dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna che nella Canaletta di accesso al Porto di Olbia sono presenti degli accumuli di materiale che potrebbero causare problematiche nell'attraversamento della stessa alle imbarcazioni che richiedono pescaggi elevati per il raggiungimento degli accosti presenti nei Porti del Golfo di Olbia.

Nell'ottica di poter garantire tali condizioni è emersa l'opportunità di movimentare il materiale che si trova al di sopra della batimetrica di -10,10 m dal l.m.m., in accordo con quanto previsto dall'Allegato al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini", al punto 3.4. "Movimentazione di sedimenti portuali in aree contigue" per il quale tali attività sono consentite sulla base delle risultanze delle sole analisi ecotossicologiche alle seguenti condizioni:

- i quantitativi coinvolti siano inferiori a 10.000 m<sup>3</sup>;
- i sedimenti coinvolti presentino tossicità "assente";
- siano esclusi impatti su biocenosi sensibili presenti in loco.

L'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna ha pertanto valutato di eseguire la movimentazione un quantitativo di sedimenti inferiore ai 10.000 m<sup>3</sup> al fine di consentire l'ottenimento di batimetrie di almeno -10,10 m dal l.m.m., ottemperando alle ulteriori prescrizioni ambientali previste di cui, questa relazione, rappresenta il "Piano di Indagine" per la caratterizzazione ecotossicologica e la valutazione delle biocenosi presenti sul fondale.

#### 1.7.1.1 Descrizione delle indagini effettuate

##### Piano delle indagini

Per la caratterizzazione dei sedimenti interessati dalle operazioni di movimentazione l'area della Canaletta è stata suddivisa utilizzando una maglia 100\*100 m.

All'interno di ciascuna area unitaria (maglia quadrata di campionamento) sono stati effettuati i carotaggi spinti sino alla quota prevista dal "Piano di indagine" o meno sino "a rifiuto" quando l'infissione è stata ostacolata per la presenza di sedimento molto grossolano o di substrato roccioso. Di seguito si riportano in "Coordinate Gauss-Boaga" e in "Coordinate WGS84 Geografiche" i punti di campionamento, la quota batimetrica, lo spessore massimo di sedimenti

Punto	Bat. (m)	Prof. (m)	Coordinate Gauss-Boaga		Coordinate WGS84 GEOGRAFICHE	
			X	Y	E	N
1.P	9,80	1	1546508	4530255	40°55'19"	9°33'07"
2.P	9,70	1	1546599	4530262	40°55'19"	9°33'11"
3.P	9,80	1	1546759	4530266	40°55'19"	9°33'17"
4.P	9,80	1	1546816	4530271	40°55'19"	9°33'20"
5.P	9,60	1	1546919	4530278	40°55'19"	9°33'24"
6.P	9,60	1	1547027	4530286	40°55'19"	9°33'29"
7.P	9,50	1	1547127	4530287	40°55'19"	9°33'33"
8.P	9,30	1	1547216	4530289	40°55'20"	9°33'37"
9.P	9,30	1	1547327	4530302	40°55'20"	9°33'42"



10.P	8,80	1	1547426	4530312	40°55'20"	9°33'46"
11.P	9,10	1	1547526	4530316	40°55'20"	9°33'50"
12.P	9,40	1	1547626	4530320	40°55'20"	9°33'54"
13.P	9,60	1	1547726	4530326	40°55'21"	9°33'59"
14.P	9,60	1	1547826	4530333	40°55'21"	9°34'03"
15.P	10,00	1	1547922	4530334	40°55'21"	9°34'07"
16.P	10,00	1	1547999	4530342	40°55'21"	9°34'10"

## Indagini sulla Biocenosi

Il golfo di Olbia è un esempio di “coste a rias”, termine che descrive una morfologia costiera costituita da insenature profonde, originatesi da antiche valli fluviali.

Come previsto dal cap. 2.6.2 “Analisi delle comunità bentoniche e demersali”, dell’Allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173 “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l’autorizzazione all’immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”, sono state effettuate, per ciascun punto di indagine, fotografie e filmati allo scopo di illustrare visivamente le condizioni del fondale ed escludere qualsiasi impatto negativo sulle biocenosi presenti nell’area di escavo e di deposito,

L’indagine è riferita prevalentemente alla zona centrale del canale di transito delle imbarcazioni ma anche la zona più esterna è stata oggetto in varie occasioni di indagini ecologiche ed il cui controllo è anch’esso molto importante nell’ambito di programmi di gestione e valorizzazione della intera fascia costiera sono presenti infatti cantieri nautici, esercizi commerciali ed aziende di mitilicoltura.

Per quanto concerne le caratteristiche meteomarine il canale grazie alla sua conformazione e posizione risulta protetto in modo efficace dai venti dominanti provenienti per lo più dal IV° e I° quadrante e ne consegue generalmente una condizione di mare calmo e scarso idrodinamismo.

Durante le indagini compiute nel mese di agosto 2018 si è proceduto alle fasi di carotaggio e prelievo del substrato e contemporaneamente anche alla ricognizione subacquea della zona interessata dal progetto. A tale scopo, due operatori subacquei hanno effettuato una serie di immersioni in punti prestabiliti in modo da formare una griglia di osservazioni in grado di coprire in modo significativo l’area in esame e corredando le osservazioni con immagini video da cui sono state estrapolate alcune immagini fotografiche, purtroppo poco leggibili a causa dell’elevata torbidità dell’acqua.

La conformazione del fondo del canale appare rimodellato assumendo una conformazione in cui la parte centrale del canale risulta appuntita e quindi degradante sui lati a formare una vera e propria “schiena d’asino”, dove si depositano grosse quantità di detrito fogliare.

Il fondale oggetto di intervento dimostra la notevole presenza antropica che unitamente all’intenso traffico delle navi sviluppatosi nel tempo hanno sicuramente modificato la composizione originaria delle comunità vegetali ed animali dell’ecosistema.

Le immersioni hanno evidenziato un fondale composto da sabbie di differenti granulometrie miste a residui di gusci di bivalvi e notevoli accumuli di detrito fogliare che viene continuamente movimentato dal traffico marittimo.

In tutte le osservazioni effettuate nell’area in esame è invece risultato completamente assente il climax *Posidonietum oceanicae* ed anche altre specie, quali la *Caulerpa* e la

*Cymodocea*, per altro ben rappresentate in queste zone e colonizzanti le aree lasciate libere dalla *Posidonia*, sono risultate assenti su tutta la superficie osservata.

Per quanto attiene al patrimonio ittiofaunistico, le osservazioni dirette dei sub non hanno evidenziato la presenza di specie pregiate.

In conclusione, il progetto di intervento proposto, alla luce di quanto emerso dalle osservazioni dirette del sito in esame, e tenuto conto dello scarso pregio naturalistico dell’area interessata, si può tranquillamente



affermare che nella zona in oggetto non si provocheranno impatti sensibili sul sito e sugli equilibri naturali, interessando di fatto una zona già pesantemente modificata dalla notevole pressione antropica e quindi non soggetta a particolari tutele per la conservazione della sua biodiversità.

### Analisi granulometriche

I campioni di sedimento prelevati in data 01-02/08/2018 sono stati consegnati al laboratorio geotecnico per la determinazione della distribuzione granulometrica mediante il metodo UNI EN 933-1.

Tutti i campioni hanno mostrato un'elevata omogeneità granulometrica, ove il passante allo 0,063 mm (dato significativo per la classificazione ecotossicologica basata sul criterio di integrazione ponderata) è risultato costantemente sotto il 4% e, usualmente, sotto l'1%. Solo il campione 3P. ha presentato un passante allo 0,063 mm (pelite) un valore del 18,56%. In questo caso è stato chiesto al laboratorio geotecnico di sottoporre un'altra porzione del campione ad analisi granulometrica e le controanalisi hanno confermato la percentuale di passante.

### Analisi ecotossicologiche

La classificazione ecotossicologica è stata eseguita dalla ISMAR CNR secondo le indicazioni dell'Allegato Tecnico del Decreto 173/2016 attuativo dell'art. 109, comma 2 lettera a) del D.lgs. 152/2006 (G.U. del 06/09/2016), che prevede l'esecuzione di una batteria minima di tre saggi su organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben distinti, che vanno scelti tra quelli riportati nella tabella 2.3 del sopra citato Allegato Tecnico.

La classificazione è stata eseguita su tutti i 16 campioni di sedimento prelevati contestualmente a quelli delle analisi granulometriche. Gli esiti completi di tale classificazione sono stati riportati nel documento "Relazione Tecnica - Settembre 2018 – Caratterizzazione Ecotossicologica ai sensi dell'Allegato Tecnico del Decreto attuativo dell'art. 109, comma 2 lettera a) del D.lgs. 152/2006 (G.U. del 06/09/2016) di sedimenti prelevati presso il canale di accesso al Porto di Olbia (OT)", consegnata dal laboratorio ISMAR CNR in data 19.09.2018.

In sintesi, può essere descritto che i dati ecotossicologici ottenuti dai tre saggi eseguiti su ogni campione sono stati importati nel modello SediQualSoft 109.0<sup>®</sup> ed elaborati al fine di ottenere un giudizio sintetico del livello di pericolo. I valori complessivi di  $HQ_{batteria}$  e specifici ottenuti per ogni singolo saggio ecotossicologico ( $HQ_{specifico}$ ) per ciascun sedimento sono riportati nella seguente tabella. Si ricorda che per il campione 3P la batteria di saggi ecotossicologici applicata risulta essere composta diversamente rispetto agli altri campioni, in quanto, data la presenza di frazione pelitica superiore al 10%, su tale campione è stato eseguito il saggio su fase solida, mentre sugli altri 15 campioni (con percentuali di pelite inferiori al 10%) sono stati applicati tre biosaggi sulla fase liquida (elutriato) del sedimento.

Campione	HQ <sub>batteria</sub>	HQ <sub>specifico</sub> <i>P. tricornutum</i>	HQ <sub>specifico</sub> <i>A. amphitrite</i>	HQ <sub>specifico</sub> <i>C. gigas</i>	HQ <sub>specifico</sub> <i>V. fischeri</i>	Classe gravità del pericolo ecotossicologico
1.P	5,41	0,	14,22	6,21	-	ALTO
2.P	4,00	0,54	14,22	0,46	-	ALTO
3.P	0,14	0	-	0,63	0	ASSENTE
4.P	0,82	0	2,94	0,40	-	ASSENTE
5.P	0,01	0	0	0,05	-	ASSENTE
6.P	0,14	0	0,10	0,45	-	ASSENTE
7.P	0,17	0,16	0,06	0,46	-	ASSENTE
8.P	2,00	0	2,48	5,28	-	MEDIO
9.P	0,47	1,28	0	0,63	-	ASSENTE



10.P	3,97	0	8,89	6,21	-	ALTO
11.P	0,11	0	0	0,43	-	ASSENTE
12.P	0,96	0	0	3,89	-	ASSENTE
13.P	0,16	0	0,21	0,41	-	ASSENTE
14.P	0,68	4,04	2,73	0	-	ASSENTE
15.P	0,69	0	2,39	0,47	-	ASSENTE
16.P	0,27	0	0,31	0,79	-	ASSENTE

Come riportato nella precedente tabella, la classe di gravità del pericolo ecotossicologico della batteria di saggi (HQbatteria) eseguiti risulta essere ALTO per i campioni 1P., 2P. e 10P., MEDIO per il campione 8P. ed ASSENTE per i restanti 12 campioni. Come si evidenzia dai valori di HQspecifico, il saggio che ha maggiormente influito sulla classificazione del campione (ovvero sul calcolo del valore di HQbatteria) risulta essere quello che valuta la mortalità dei nauplii del crostaceo A. amphitrite dopo 48 ore di contatto con l'elutriato del campione.

### 1.7.2 Accosti porto Isola Bianca

A seguito degli ultimi rilievi batimetrici effettuati nelle aree interessate in questo intervento, si è constatato che in prossimità degli accosti e del bacino di evoluzione del Porto di Olbia erano presenti degli accumuli di materiale che potrebbero causare pesanti problematiche nelle operazioni d'ormeggio delle imbarcazioni. L'intervento aveva l'obiettivo di garantire pescaggi di almeno 9 metri.

Nell'ottica di poter garantire tali condizioni è emersa l'opportunità di movimentare il materiale che si trova al di sopra della batimetrica di -9,00 m dal l.m.m., in accordo con quanto previsto dall'Allegato al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini", al punto 3.4. "Movimentazione di sedimenti portuali in aree contigue" per il quale tali attività sono consentite

sulla base delle risultanze delle sole analisi ecotossicologiche alle seguenti condizioni:

- i quantitativi coinvolti siano inferiori a 10.000 m<sup>3</sup>;
- i sedimenti coinvolti presentino tossicità "assente";
- siano esclusi impatti su biocenosi sensibili presenti in loco.

L'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna ha pertanto valutato di eseguire la movimentazione un quantitativo di sedimenti inferiore ai 10.000 m<sup>3</sup> al fine di consentire l'ottenimento di batimetrie di -9,00 m dal l.m.m. nell'area C1 (Moli 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), e batimetrie di -8,67 m dal l.m.m. nell'area C2 (Moli 1, 2 e Madonna di Bonaria), ottemperando alle ulteriori prescrizioni ambientali.





## Descrizione delle indagini effettuate

### Piano delle indagini

Per la caratterizzazione dei sedimenti interessati dalle operazioni di movimentazione l'area oggetto dell'intervento è stata suddivisa in aree unitarie con maglia 50\*50 m lungo le banchine, in aree unitarie 100\*100 m nelle zone distanti più di 50 m dalle banchine e, infine, in aree unitarie 200\*200 m rappresentative dell'area di movimentazione e di deposito attigua.

All'interno di ciascuna area unitaria (maglia quadrata di campionamento) sono stati effettuati i carotaggi spinti sino alla quota prevista dal "Piano di indagine" o meno sino "a rifiuto" quando l'infissione è stata ostacolata per la presenza di sedimento molto grossolano o di substrato roccioso. Di seguito si riportano in "Coordinate Gauss-Boaga" e in "Coordinate WGS84 Geografiche" i punti di campionamento, la quota batimetrica, lo spessore massimo di sedimenti sciolti rispetto al fondo effettivamente raggiunto dal carotaggio, nonché il numero dei campioni prelevati.

Caratterizzazione dei sedimenti marini dei fondali degli accosti del Porto Isola Bianca e del bacino di evoluzione

### Esiti della caratterizzazione

Punto	Bat. (m)	Prof. (m)	Coordinate Gauss-Boaga		Coordinate WGS84 GEOGRAFICHE	
			X	Y	E	N
1.P	8,85	1	1543675,75	4530197,81	09°31'06,04"	40°55'17,77"
2.P	8,60	1	1543728,87	4530222,81	09°31'08,32"	40°55'18,57"
3.P	8,90	1	1543802,06	4530205,92	09°31'11,44"	40°55'18,01"
4.P	8,90	1	1543823,91	4530203,11	09°31'12,37"	40°55'17,91"
5.P	8,60	1	1543882,71	4530206,29	09°31'14,89"	40°55'18,00"
6.P	8,90	1	1543951,36	4530236,90	09°31'17,83"	40°55'18,98"
7.P	8,70	1	1544010,11	4530227,05	09°31'20,34"	40°55'18,65"
8.P	8,50	1	1544036,89	4530226,87	09°31'21,48"	40°55'18,63"
9.P	8,60	1	1544107,24	4530261,61	09°31'24,50"	40°55'19,75"
10.P	8,45	1	1544155,52	4530257,86	09°31'26,56"	40°55'19,62"
11.P	8,80	1	1544188,52	4530251,14	09°31'27,97"	40°55'19,39"
12.P	8,80	1	1544214,99	4530280,70	09°31'29,11"	40°55'20,35"
13.P	8,70	1	1544217,42	4530336,30	09°31'29,23"	40°55'22,15"
14.P	8,70	1	1544172,54	4530380,67	09°31'27,32"	40°55'23,60"
15.P	8,80	1	1544132,50	4530381,72	09°31'25,61"	40°55'23,64"
16.P	7,90	1	1544377,62	4530381,33	09°31'23,27"	40°55'23,64"
17.P	8,40	1	1544044,99	4530379,90	09°31'21,87"	40°55'23,60"
18.P	4,00	1	1544020,19	4530428,76	09°31'20,82"	40°55'25,19"
19.P	8,30	1	1544383,96	4530461,70	09°31'23,56"	40°55'26,25"
20.P	8,70	1	1544144,35	4530454,45	09°31'26,14"	40°55'25,99"
21.P	8,70	1	1544194,32	4530451,74	09°31'28,27"	40°55'25,90"
22.P	8,10	1	1544200,13	4530488,53	09°31'28,53"	40°55'27,09"
23.P	8,20	1	1544200,18	4530547,10	09°31'28,55"	40°55'28,99"
24.P	8,50	1	1544159,76	4530551,61	09°31'26,82"	40°55'29,14"
25.P	8,40	1	1544109,61	4530552,98	09°31'24,68"	40°55'29,20"
26.P	8,60	1	1544069,47	4530553,39	09°31'22,96"	40°55'29,22"
27.P	8,50	1	1544009,16	4530585,71	09°31'20,39"	40°55'30,28"
28.P	7,50	1	1543971,28	4530589,18	09°31'18,77"	40°55'30,40"
1-2C	7,50	1	1543700,85	4530124,00	09°31'07,09"	40°55'15,37"
3-4C	8,70	1	1543791,71	4530111,49	09°31'10,97"	40°55'14,94"



5-6C	9,35	1	1543903,33	4530136,83	09°31'15,75"	40°55'15,74"
7C	9,60	1	1543992,93	4530137,10	09°31'19,58"	40°55'15,74"
8-9C	9,70	1	1544065,46	4530161,89	09°31'22,69"	40°55'16,53"
10-11C	10,10	1	1544148,08	4530151,04	09°31'26,22"	40°55'16,16"
12-13C	10,80	1	1544319,60	4530314,22	09°31'33,59"	40°55'21,42"
14-15-16-17C	10,40	1	1544264,32	4530419,36	09°31'31,26"	40°55'24,84"
18-19-20-21C	13,60	1	1544414,72	4530398,04	09°31'37,68"	40°55'24,12"
22-23C	11,00	1	1544290,75	4530521,76	09°31'32,41"	40°55'28,15"
24C	9,70	1	1544175,52	4530635,62	09°31'27,52"	40°55'31,87"
25-26C	9,70	1	1544091,68	4530635,62	09°31'23,93"	40°55'31,88"
27-28C	6,80	1	1543983,35	4530657,08	09°31'19,31"	40°55'32,60"

### Indagine sulla biocenosi

Il golfo di Olbia, oggetto del presente progetto è un esempio di “coste a rias”, termine che descrive una morfologia costiera costituita da insenature profonde, originatesi da antiche valli fluviali.

Come previsto dal cap. 2.6.2 “Analisi delle comunità bentoniche e demersali”, dell’Allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173 “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l’autorizzazione all’immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”, sono state effettuate, per ciascun punto di indagine, fotografie e filmati allo scopo di illustrare visivamente le condizioni del fondale ed escludere qualsiasi impatto negativo sulle biocenosi presenti nell’area di escavo e di deposito.

L’indagine è riferita alla zona degli accosti e del bacino di evoluzione ma anche la zona più esterna è stata oggetto in varie occasioni di indagini ecologiche nell’ambito di programmi di gestione e valorizzazione della intera fascia costiera in quanto caratterizzata da numerose attività presenti (cantieri nautici, esercizi commerciali ed aziende di mitilicoltura). (fig. 1.7.2.1)



Fig. 1.7.2.1 – Rias del Golfo di Olbia

Per quanto concerne le caratteristiche meteomarine il canale grazie alla sua conformazione e posizione risulta protetto in modo efficace dai venti dominanti provenienti per lo più dal IV° e I° quadrante e ne consegue generalmente una condizione di mare calmo e scarso idrodinamismo.



Durante le indagini compiute nel mese di settembre 2018 si è proceduto alle fasi di carotaggio e prelievo del substrato e contemporaneamente anche alla ricognizione subacquea della zona interessata dal progetto. A tale scopo, due operatori subacquei hanno effettuato una serie di immersioni in punti prestabiliti in modo da formare una griglia di osservazioni in grado di coprire in modo significativo l'area in esame e corredando le osservazioni con immagini video e fotografiche da cui sono state estrapolate alcune immagini, purtroppo poco leggibili a causa dell'elevata torbidità dell'acqua.

La tipologia dei fondali appare diversa a seconda delle zone indagate passando da ghiaie e ciottoli di diverse dimensioni sui quali non è presente alcuna forma biocenotica, a substrati costituiti da sedimenti sabbiosi grossolani, questi ultimi fondali presentano sporadicamente specie algali strutturalmente poco complesse ed alcuni esemplari di anemone di mare (*Anemonia sulcata*), sono presenti inoltre gusci di murici e chiocciole marine.

Un'altra tipologia riguarda i fondali costituiti da roccia tenera con evidenti segni di perforazioni operate dalla *Barnea candida*, un mollusco bivalve che perfora il legno e le rocce "tenere". Tale specie risulta moderatamente diffusa e della quale non sono previste particolari forme di tutela. Anche questi fondali presentano localmente specie algali simili a quelle descritte sui fondali sabbioso-limosi.

In tutte le osservazioni effettuate nelle aree in esame è invece risultato completamente assente il climax *Posidonietum oceanicae* ed anche altre specie, quali la *Caulerpa* e la *Cymodocea*, per altro ben rappresentate in queste zone e colonizzanti le aree lasciate libere dalla *Posidonia*, sono risultate assenti su tutta le superfici osservate.

Per quanto attiene al patrimonio ittiofaunistico, le osservazioni dirette dei sub non hanno evidenziato la presenza di specie pregiate.

I fondali oggetto della presente indagine dimostrano come la notevole presenza antropica unitamente all'intenso traffico delle navi sviluppatosi nel tempo hanno sicuramente modificato la composizione originaria delle comunità vegetali ed animali dell'ecosistema.

In conclusione, il progetto di intervento proposto, alla luce di quanto emerso dalle osservazioni dirette del sito in esame, e tenuto conto dello scarso pregio naturalistico dell'area interessata, si può tranquillamente affermare che nella nelle zone in oggetto non si sarebbero provocati impatti sensibili sul sito e sugli equilibri naturali, interessando di fatto una zona già pesantemente modificata dalla notevole pressione antropica e quindi non soggetta a particolari tutele per la conservazione delle sue biodiversità.

### **Analisi granulometriche**

I campioni di sedimento prelevati tra il 26/09/2018 ed il 28/09/2018, sono stati consegnati al laboratorio geotecnico per la determinazione della granulometria mediante il metodo UNI EN 933-1.

Molti dei campioni hanno mostrato un'elevata omogeneità granulometrica, ove il passante allo 0,063 mm nei siti da movimentare, contraddistinti dalla "P.", è risultato quasi costantemente sotto il 10% (dato significativo per la classificazione ecotossicologica basata sul criterio di integrazione ponderata). Solo i campioni 13P. e il 20.P. hanno presentato un passante allo 0,063 mm (pelite) dei valori rispettivamente del 57,31% e del 16,50%. Più variegata la situazione nei siti di deposito, contraddistinti dalla "C.", nei quali ben 5 campioni su 12 hanno presentato un passante allo 0,063 mm superiore al 10%.

### **Analisi ecotossicologiche**

La classificazione ecotossicologica è stata eseguita dalla ISMAR CNR secondo le indicazioni dell'Allegato Tecnico del Decreto 173/2016 attuativo dell'art. 109, comma 2 lettera a) del D.Lgs. 152/2006 (G.U. del 06/09/2016), che prevede l'esecuzione di una batteria minima di tre saggi su organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben distinti, che vanno scelti tra quelli riportati nella tabella 2.3 del sopra citato Allegato Tecnico.





La classificazione è stata eseguita su tutti i 38 campioni di sedimento prelevati contestualmente a quelli delle analisi granulometriche. Gli esiti completi di tale classificazione sono stati riportati nel documento "Relazione Tecnica - Novembre 2018 – Caratterizzazione Ecotossicologica ai sensi dell'Allegato Tecnico del Decreto attuativo dell'art. 109, comma 2 lettera a) del D.lgs. 152/2006 (G.U. del 06/09/2016) di sedimenti prelevati lungo gli accosti del Molo Isola Bianca - Porto di Olbia (OT)", consegnata dal laboratorio ISMAR CNR in data 21.11.2018.

In sintesi, può essere descritto che i dati ecotossicologici ottenuti dai tre saggi eseguiti su ogni campione sono stati importati nel modello SediQualSoft 109.0® ed elaborati al fine di ottenere un giudizio sintetico del livello di pericolo.

Per i campioni 13.P., 20.P., 1-2C., 3-4C., 5-6C., 12-13C. e 18-19-20-21C., la batteria di saggi ecotossicologici applicata risulta essere composta diversamente rispetto agli altri campioni, in quanto, data la presenza di frazione pelitica superiore al 10%, su tale campione è stato eseguito il saggio sulla frazione solida, quindi la batteria risulta essere composta da: saggio di inibizione della bioluminescenza su *V. fischeri*, saggio di inibizione della crescita algale su *P. tricornutum* e saggio di embriotossicità su *C. gigas*. Per i rimanenti 31 campioni (con percentuali di pelite inferiori al 10%) sono stati applicati tre biosaggi sulla fase liquida (elutriato 1:4) del sedimento, quindi il saggio su *V. fischeri* è stato sostituito dal saggio di mortalità sui nauplii di *A. amphitrite*.

Come riportato nella seguente tabella, la classe di gravità del pericolo ecotossicologico della batteria di saggi (HQbatteria) eseguiti risulta essere ALTO per i campioni 1-2.C e 5-6.C, MEDIO per i campioni 13.P. e 3-4.C, BASSO per il campione 2.P. ed ASSENTE per i restanti 33 campioni.

Come si evidenzia dai valori di HQspecifico riportati nella medesima tabella, il saggio che ha maggiormente influito sulla classificazione del campione (ovvero sul calcolo del valore di HQbatteria) risulta essere quello eseguito sulla frazione solida del sedimento, ovvero il test di inibizione della bioluminescenza del batterio *Vibrio fischeri*.

In particolare, va evidenziato come il risultato ottenuto per i campioni 1-2C. e 5-6C. nel saggio su frazione solida eseguito sul batterio marino *V. fischeri*, che indica una tossicità molto elevata per questi due campioni su tale organismo modello, sia un dato da considerare con estrema cautela per via della percentuale di pelite presente nei due campioni, che supera di poco la soglia del 10% (rispettivamente 13.7% e 18.5% per 1-2C. e 5-6C.). Tale risultato, indicato nell'Allegato Tecnico al DM 173, potrebbe rappresentare un "falso positivo".

Campione	HQbatteria	HQspecifico <i>P. tricornutum</i>	HQspecifico <i>A. amphitrite</i>	HQspecifico <i>C. gigas</i>	HQspecifico <i>V. fischeri</i>	Classe gravità del pericolo ecotossicologico
1.P	0,05	0,11	0,04	0,04	-	ASSENTE
2.P	1,11	0,00	0,17	4,31	-	ASSENTE
3.P	0,91	0,00	0,00	3,69	-	ASSENTE
4.P	0,08	0,20	0,00	0,11	-	ASSENTE
5.P	0,02	0,00	0,00	0,13	-	ASSENTE
6.P	0,05	0,14	0,00	0,08	-	ASSENTE
7.P	0,03	0,10	0,00	0,02	-	ASSENTE
8.P	///	///	///	///	///	NON CAMPIONATO
9.P	0,04	0,16	0,00	0,01	-	ASSENTE
10.P	0,61	2,40	0,00	0,17	-	ASSENTE
11.P	0,82	,3,25	0,00	0,06	-	ASSENTE
12.P	0,61	2,02	0,38	0,06	-	ASSENTE



13.P	2,54	0,00	-	0,11	8,38	MEDIO
14.P	0,04	0,00	0,00	0,16	-	ASSENTE
15.P	0,45	0,00	0,00	1,82	-	ASSENTE
16.P	0,00	0,00	0,00	0,01	-	ASSENTE
17.P	0,00	0,00	0,00	0,00	-	ASSENTE
18.P	2,22	0,78	0,00	0,11	-	ASSENTE
19.P	0,16	0,510	0,00	0,14	-	ASSENTE
20.P	0,10	0,00	-	0,09	0,36	ASSENTE
21.P	0,23	0,79	0,00	0,14	-	ASSENTE
22.P	0,19	0,67	0,00	0,09	-	ASSENTE
23.P	0,12	0,41	0,00	0,09	-	ASSENTE
24.P	0,23	0,83	0,00	0,10	-	ASSENTE
25.P	///	///	///	///	///	NON CAMPIONATO
26.P	0,14	0,55	0,00	0,00	-	ASSENTE
27.P	0,27	0,77	0,15	0,18	-	ASSENTE
28.P	0,24	0,93	0,00	0,04	-	ASSENTE
1-2C	3,88	0,52	-	0,00	11,6	ALTO
3-4C	1,81	0,23	-	0,00	6,29	MEDIO
5-6C	4,48	2,39	-	0,16	11,16	ALTO
7C	0,89	0,00	1,85	1,76	-	ASSENTE
8-9C	0,46	0,00	1,81	0,07	-	ASSENTE
10-11C	0,58	2,23	0,00	0,14	-	ASSENTE
12-13C	0,29	0,00	-	1,27	0	ASSENTE
14-15-16-17C	///	///	///	///	///	NON CAMPIONATO
18-19-20-21C	0,13	0,04	-	0,22	0,29	ASSENTE
22-23C	0,18	0,54	0,00	0,20	-	ASSENTE
24.C	0,59	0,64	0,00	1,75	-	ASSENTE
25-26C	0,11	0,46	0,00	0,00	-	ASSENTE
27-28C	0,16	0,64	0,00	0,00	-	ASSENTE

## Monitoraggio

Atteso il fatto che i risultati delle analisi ecotossicologiche mostrano che gran parte dei sedimenti analizzati potranno essere movimentati, in questo capitolo si affronta la tematica riguardante il monitoraggio della colonna d'acqua durante le attività movimentazione.

In linea di principio, stante la presenza di allevamenti di mitili in entrambe le parti della canaletta di accesso, si è ritenuto opportuno che le sonde multiparametriche per il rilievo della Temperatura (°C), della Concentrazione di ossigeno disciolto (%), del Potenziale redox (mV), del pH, della Conducibilità (mS) e della Torbidità (NTU), già previste dal progetto, fossero collocate una in prossimità dell'area di movimentazione dei sedimenti, altre due, una per ciascun lato, lungo una linea congiungente tra l'area di movimentazione e gli allevamenti, a breve distanza dagli stessi allevamenti, in una posizione che non interferisca con la nautica da diporto o con la miticoltura.

Come proposto dagli Enti di Controllo durante le ultime riunioni tecniche, l'operatore che vigilerà sulla sonda posta lungo il molo in prossimità dell'area di movimentazione dei sedimenti (Sonda 03), durante le fasi operative, dovrà osservare di continuo i suddetti valori (si intende una trascrizione ogni 20 minuti di osservazione) ed intervenire nel caso in cui dovesse accertare il superamento del 90° percentile del valore nefelometrico per tre volte successive, chiedendo di sospendere le attività di movimentazione sino al ripristino di valori sotto il 90° percentile e/o posizionare panne antitorbidità intorno alle aree di lavoro.

## 1.9 INFORMAZIONI PREGRESSE SULLE ATTIVITÀ DI IMMERSIONE/UTILIZZO

Decreto del Ministero dell'Ambiente n°138996/51/ASX/D del 11 novembre 1988 all'immersione in mare di materiale dei detriti derivanti dalle operazioni di dragaggio dei fondali del porto di Olbia.



L'area d'immersione autorizzata con Decreto dell'ex Ministero dell'Ambiente, in data 11 novembre 1988, è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

lat. 41° 00' 00" N long. 09° 55' 42" E Greenwich

lat. 40° 58' 30" N long. 09° 56' 00" E Greenwich

lat. 40° 58' 00" N long. 09° 53' 00" E Greenwich

lat. 40° 59' 30" N long. 09° 52' 48" E Greenwich

L'area si trova a circa 7,11 miglia nautiche da punta Timone dell'isola di Tavolara ed a una profondità di circa -600 m s.l.m.m.

### **1.10 INFORMAZIONI SULLE PRECEDENTI ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO AMBIENTALE**

Non sono note attività di monitoraggio ambientale eseguite nelle aree di immersione/deposizione delle sabbie di dragaggio negli ultimi 20 anni.

### **1.11 PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI ESCAVO E GESTIONE DEI MATERIALI**

Per il Golfo di Olbia non ci sono programmi per le attività di movimentazione e gestione dei materiali, salvo interventi di manutenzione periodica o saltuaria dei fondali.

### **1.12 RIDUZIONE DELLE FONTI DI INQUINAMENTO**

Non sono note iniziative intraprese o da intraprendere per migliorare la qualità dei fondali, favorendo l'uso sostenibile delle risorse, in accordo con le indicazioni internazionali di riduzione delle fonti d'inquinamento.

### **1.13 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA DI ESCAVO**

#### **1.13.1 Inquadramento geologico Regionale**

La ricerca bibliografica preliminare allo studio si è concretizzata con la raccolta delle principali informazioni bibliografiche e la consultazione del materiale reperibile presso le due sedi accademiche isolane.

In Sardegna, sul piano prettamente geologico, la Gallura costituisce la parte nord orientale del Pilastro tettonico o Horst bordante la fossa terziaria del Logudoro. Tale Pilastro tettonico, in termini geo-litologici e contrassegnato dalla assoluta prevalenza di rocce granitoidi erciniche (Leucograniti, Granodioriti, Monzograniti), raramente intere, più spesso attraversate da vistosi sistemi di fratturazione alterati o alterabili superficialmente in varia misura. Tali litologie sono spesso associate a cortei filoniani a chimismo e direzione variabili.

In un tale quadro, costituiscono volumi assai subordinati, sempre in contatto con le precedenti, le litologie erciniche più antiche riferibili al complesso metamorfico, rappresentate da Migmatiti (Metatessiti, Diatessiti, Ortogneiss) in prevalenza.

Queste assumono tuttavia una discreta rilevanza areale ora nell'alto bacino idrografico del Riu Vignola (Aggus), ora ad E ed a S di Santa Teresa di Gallura (La Filaccia, Ciuchesu) e Trinità d'Agultu (Serra Tamburu, ora fra Sant'Antonio di Gallura e Luras (M.te Foci, M.te Candela, Carana) fra Budoni e San Teodoro, fra Olbia e Arzachena (M.te Plebi, 473 m) e Golfo Aranci. Come documentato dai rilievi sul terreno, le metamorfite costituiscono per intero anche il sostrato geolitologico roccioso fra Olbia e Golfo Aranci (Golfo di Cugnana, Golfo di Marinella, Suiles, Terrata, Bados, Pittulongu, Sa Testa, Foce del Padrongiano). Esse affiorano con una certa continuità dai 250 m di quota fino alla costa (Bados, Pittulongu, Punta di Filo, Gravile) oltre la quale certamente costituiscono l'impalcatura anche della piattaforma continentale (Isola della Bocca).

Le coperture tardo o post-paleozoico sono piuttosto rare e presenti solo nella Gallura occidentale e nella penisola di Capo Figari e sull'isola di Tavolara.



Le testimonianze del Pleistocene marino o eolico sono discontinue, rare e mal conservate lungo le coste, di norma all'interno di anfratti costieri e zone in falesia meno soggette a processi erosivi marini (Santa Teresa di Gallura, Santa Reparata, lato NW di Molara, costa di Arzachena-Canale delle Galere, Tavolara, Molara). Esse si devono interpretare come relitti di coperture più vaste, in gran parte eoliche o di versante (Tavolara). Relativamente più diffusi e voluminosi, si presentano i corpi alluvionali, talora terrazzati, nelle piane costiere più "mature" (Riu Liscia, Riu San Giovanni, Riu Padrongiano e minori nella piana di Olbia). Tale informazioni, come acquiferi poco profondi a falda libera, svolgono, data la collocazione fisiografica, una fondamentale funzione ecologica a sostegno degli ambienti di transizione, come volume di detriti poco addensati o sciolti, costituiscono un vasto stock a disposizione dell'azione erosiva che si espleta nei tratti terminali dei corsi d'acqua stessi.

I detriti di versante, attribuibili al tardo Pleistocene (Wurmiano), sono diffusi sui rilievi più aspri come prodotto di movimenti gravitazionali (frane), al giorno d'oggi stabilizzate per via naturale (versante nord di Tavolara) o più spesso sospesi e quiescenti (es. Monte Pino)

### 1.13.2 Le reti idrografiche della Gallura nord-orientale.

Se si esclude il settore sud-orientale, quasi tutta la rete idrografica gallurese si delinea in modo grossolanamente centrifugo dal Monte Limbara, per lo più ambiti montani o pedemontani, sfruttando l'assetto a gradinata di tale struttura ed i conseguenti differenziali orografici.

Essa da luogo, su scala regionale, ad un drenaggio con **patterns** prevalentemente **dendritici, sub-dendritici** e **angolari**, a scala di singolo bacino, che assecondano e ricalcano il caratteristico reticolato di faglie e fratture sovrimposte sul sostrato roccioso cristallino e che ne sottolineano la scarsa o scarsissima permeabilità primaria. Verso nord ed est, tale rete è tributaria in gran parte del sistema Carana-Liscia, vero ovest e verso sud, del Coghinas. A sud-ovest, di Badesi e Trinità d'Agultu, in particolare, essa è costituita da terreni drenanti bacini esigui, impostati fra i margini della piattaforma ignimbritica permiana e i sottostanti terreni granitici, più occidentali. Subordinate e più periferiche idrografie, defluiscono verso nord, fra esse le più importanti sono quelle relative al Riu Vignola e al Riu San Giovanni di Arzachena.

A nord di Olbia lungo l'area costiera marginale esposta a est, la rete idrografica è articolata in bacini tendenzialmente allungati con asse NNW-SSE, di modesta superficie, a pendenza relativamente alta, nel complesso ben gerarchizzati in rapporto all'estensione, con chiare evidenze erosive sino al bordo della piana. Qui, solo a qualche centinaio di metri dalla linea di costa, si rilevano tendenze al riempimento con presenza di cordoni litoranei e relativi stagni retrostanti.

Queste strutture fungono da bacini di raccolta e di laminazione delle piene e possono entrare direttamente in contatto col mare, con conseguente rottura del cordone litoraneo, in caso di intensità fenomenologica o marittima.

A ovest di Olbia, dal monte Limbara, in direzione ESE, si dirama un importante sottosistema tributario a pochi chilometri della foce, del Riu Padrongiano, decisamente il più importante dell'area. Verso di esso recapita anche la rete Riu Lerno-Riu Castagna-Riu de su Piricone, proveniente dal Monte Nieddu, al confine con le regioni denominate Salti di Buddusò e Baronia.

Il Riu Padrongiano termina con foce a delta nella rada di Olbia nella quale si riversano periodicamente abbondanti torbide fluviali. Essa, anche per tale ragione e contrariamente a quanto si ritiene, non costituisce affatto un porto naturale sedimentologicamente stabile o geomorfologicamente in equilibrio. Semmai, possiede i connotati naturali i una incipiente laguna che necessita di periodici interventi umano in corrispondenza della bocca, per garantire, malgrado le tendenze all'insabbiamento, la funzionalità alla navigazione. All'interno della rada, da Ovest ad Est, si riversano inoltre il Riu S'Eligheddu e il Riu S. Nicola, entrambi abbondantemente artificializzati nei tratti finali sin dall'inizio del secolo scorso, il Riu Giadinu (altrimenti noto Riu Zozzo), il Riu di Cabbu Abbas, il Riu Padredduri-Riu su Balidone, deviati e sistemati in tempi più recenti per lasciar spazio a lotti della zona industriale ed, infine, alcuni compluvi minori con foce sempre nel settore settentrionale, in località scalo delle Draghe e Pozzo Sacro.



Ancora, sempre a Sud di Olbia, si dipartono, dal Monte Nieddu verso Est, le reti dendritiche del Riu San Teodoro e del Riu di Budoni, anch'esse definite su profili ad alto gradiente. In contesti poco o per nulla permeabili, salvo che per la fratturazione, e con deflussi terminali su piane costiere poco sviluppate, confluenti, non a caso ancora una volta, su aree lagunari

### 1.13.3 Sintesi Geologica e Geomorfologica dell'Area circostante Olbia e Golfo Aranci

#### 1.13.3.1 Quadro geologico

##### Il basamento cristallino

L'area circostante la città di Olbia è pienamente caratterizzata da un sostrato geolitologico in rocce granitoidi più o meno fratturate ed alterate in superficie in funzione dei differenziali di chimismo, delle tessiture e dell'assetto tettonico e geomeccanico. Nel settore di monte W e NW (Campo di pino), prevalgono i corpi litoidi delle masse granitoidi, più o meno dissestate per crolli più o meno stabilizzati e con alterazioni più o meno profonde, con spessori variabili da 12 m fino anche 8-10 m. Solo a N e NE, stratigraficamente sottostanti le masse granitiche, ma da queste attraversate, si rilevano caratteristici corpi migmatici, in prevalenza Diatessiti e Gneis o prodotti di contatto, lungo la costa (Cala Saccaia-Isola della Bocca-Caprile, Bados-Sos Aranzos)

Lungo i versanti rocciosi a granitoidi a forte pendenza circostanti l'abitato di Olbia (Monte Pino) si rilevano vaste aree con coperture detritiche a caratteristici blocchi sparsi, il cui stato di stabilità è sollecitato in caso di piogge intense.

Sul lato meridionale del porto di Olbia, a S SE del centro abitato, al di sopra del sostrato granitoide sono ben sviluppati con potenze di diversi metri depositi alluvionali conglomeratici olocenici terrazzati che, sul delta del RIU Padrongiano, lasciano il posto a ghiaie, sabbie, torbe e limi bituminosi.

##### I corpi alluvionali

Sul lato opposto i depositi detritico-alluvionali, con spessori massimi di circa 10 cm, sono localizzati in corrispondenza della parte più prossima alla costa, nell'area del cosiddetto "Porto Romano" ed in quella industriale a Nord del porto (dove si accordano a monte con fald detritiche "pedemontani"), coincidenti col tratto terminale della piana costiera cui scorrono i sistemi torrentizi. Ancora più a Nord termini simili possono rinvenirsi sporadicamente e per spessori via via più modesti nell'area della vecchia Salina di Pittulongu, nella laguna di Bados e all'interno delle conche atagnali retro-dunali attive o relitte, dove a stento superano 1 m. Queste ultime strutture sono delimitate da cordoni di sbarramento sabbiosi e/o ghiaiosi edificatisi a partire dalla risalita versilliana del livello del mare (0,5 m) e consolidatisi, come detto, col suo ritiro.

Tali connotati, in particolare la scarsa profondità dell'imbasamento geologico, granitoide metamorfico, spesso in affioramento sulla costa, descrivono di fatto delle sedimentarie poco capienti, ma tendenzialmente più protette dalla morfodinamica erosive marittima, per ragioni geomorfologiche ed idrauliche.

##### I sedimenti attuali di spiaggia

Le spiagge attuali sono prevalentemente sabbiose lungo le falcate e ghiaiose o ciottolose presso i promontori. Sebbene siano il risultato di processi selettivi a carico anche di sedimenti relitti, ovvero formazioni sedimentarie fossili eredi di livelli eustatici precedenti, riesumate, rierose e risedimentate, la composizione mineralogica dei sedimenti costituenti gli arenili è, in generale, influenzata dal sottostante sostrato cristallino.

Le spiagge di fondo baia (Pocket Beachs) più estese contengono di norma sedimenti sabbiosi più classati (unimodali o al massimo bimodali) sotto il profilo granulometrico e più selezionati sul piano composizionale.



Quelle a Nord di Olbia sono confinate in celle sedimentarie ben delineate per assetto geomorfologico ma anche piuttosto povere in spessore di volumi sabbiosi e con bassifondi rocciosi ripetutamente in affioramento. I sedimenti che le riempiono derivano per la gran parte da processi erosivi e selettivi di materiali depositi in precedenza (Paleo-dune), durante stazionamenti eustatici antichi e, subordinatamente, da apporti più recenti. Per questo è tipica in esse la presenza di muscovite, minerale fillosilicatico stabile derivante dal sostrato gneissico-migmatitico.

Le spiagge meridionali, ovvero quelle ricadenti a Sud della congiungente Olbia - Sa Testa (Punta Aspra e Punta di Filiu)-Capo Ceraso hanno caratteri assai meno regolari e risultano nettamente influenzate dagli apporti fluviali storici ed attuali del Riu Padrogiano che risentono visibilmente del sostrato granitico del bacino. Di ciò attestano i loro connotati tessiturali (sabbie grossolane poco evolute, persino alla foce), composizionali (abbondanza di litoclasti e feldspato) e cromatici (da giallo-ocra a bruno-rossastro), tutti piuttosto diversi dalle spiagge settentrionali (sabbie anche molto fini, con quarzo prevalente, da grigie e bianche). Esse infatti rispondono ad altro tipo di azioni e sottolineano quanto l'assetto geomorfologico sia dipendente dai risultati delle interazioni sedimentologiche ed idrauliche dell'ambiente fluviale e di quello marittimo. In genere tutti tali arenili sono interessati da deposizioni sabbioso-ghiaiose di tipo fluviale che si mescolano a quelli "fossili" eredi di livelli eustatici precedenti in ragione della loro distanza dalla foce del Padrogiano.

### **Le colmate artificiali**

L'area emersa subito ad W del Porto Romano di Olbia, essendo stata sede nei primi anni del XX° sec. di una sistemazione idraulica con annessa bonifica mediante colmate e riempimenti, si contraddistingue per la presenza di ingenti volumi artificiali. Prodotti artificiali sono stati riversati a partire dal Medioevo e nel secolo scorso, anche nell'area antistante il vecchio porto commerciale.

Le aree dove in tempi più recenti si sono compiute artificializzazioni, mediante riempimenti e colmate con materiali di risulta ed annessi rimodellamenti e spianamenti, risultano essere quelle della parte settentrionale della rada compresa fra Punta Taulas e Cala Cocciani (Molo Cocciani) e quelle fra Poltu Quatu e Sa Marinedda (Nuovo Porto Turistico).

In termini idrogeologici, devono farsi rientrare fra le artificializzazioni più significative e discutibili, lo spostamento ad Est della foce a delta del Riu Padredduri, con la rettificazione del suo corso terminale e la cementificazione dell'alveo.

## **1.14 STUDIO IDRODINAMICO**

### **1.14.1 Obiettivi**

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di studiare l'idrodinamica e la capacità di ricambio idrico del Golfo di Olbia in relazione sia alla situazione attuale sia a quella prevista dal nuovo PRP portuale.

Nell'effettuare tale studio si è tenuto conto sia delle forzanti naturali (marea e vento) che costituiscono il "motore" del campo di circolazione idrodinamica del Golfo, sia del sistema di smaltimento delle acque reflue urbane previsto dal Comune di Olbia. Si ritiene che, seppure il lavoro sia stato finalizzato alla valutazione degli interventi previsti dal PRP, la metodologia seguita ed i risultati ottenuti costituiscano un buon riferimento per la comprensione dei fenomeni idrodinamici che si instaurano nel Golfo di Olbia e per l'esecuzione di ulteriori approfondimenti che si rendessero necessari in altri contesti.

### **1.14.2 Idrodinamica indotta dalla marea**

Per quanto riguarda gli effetti idrodinamici indotti dalla propagazione dell'onda di marea, i risultati ottenuti mostrano che le oscillazioni della marea astronomica imposte lungo i contorni di largo del modello non vengono amplificate dal Golfo di Olbia poiché i periodi propri del Golfo risultano molto più piccoli rispetto ai periodi caratteristici della marea astronomica. Inoltre il campo idrodinamico che si ottiene risulta generalmente piuttosto modesto con velocità inferiori al centimetro al secondo su gran parte del Golfo. I valori massimi della velocità delle correnti, compresi tra 1 e 5 cm/s, si verificano in prossimità



dell'imboccatura del Golfo e coprono un'area che si estende non oltre 2000 m dall'imboccatura. La portata transitante attraverso l'imboccatura supera di poco i 130 m<sup>3</sup>/s con un valore massimo del volume scambiato in un semiciclo di marea che si attesta a circa  $0,9 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, con un conseguente valore del ricambio idrico ETP, calcolato con il metodo del prisma di marea (rapporto tra il volume scambiato in un semiciclo di marea ed il volume totale contenuto nella rada), modesto pari a circa  $2,0 \times 10^2$ .

### 1.14.3 Idrodinamica indotta dal vento

Le simulazioni condotte utilizzando il vento come forzante, mostrano che si ottengono velocità idrodinamiche mediamente superiori in tutta la rada rispetto a quelle ottenute forzando la circolazione con la sola marea astronomica.

La zonazione idrodinamica rivela che l'intera rada è soggetta a intensità di velocità che superano i 5,0 cm/s. L'unica zona di ristagno è quella posta a nord di Isola Bianca in prossimità di Punta is Taulas dove la velocità per tutti gli scenari simulati è risultata trascurabile.

L'eliminazione in configurazione di progetto della Peschiera, posta a sud dell'Isola Bianca, produce nella zona un'idrodinamica intensa indotta dal limitato valore del fondale che influenza il regime delle correnti nell'area limitrofa aumentandone la capacità di ricambio producendo un miglioramento rispetto alla situazione attuale.

Durante il ciclo di brezza si osserva un trasporto diretto prevalentemente verso il largo, sia in configurazione attuale sia in configurazione di progetto.

La zona occupata dalla foce del Padrongianus è quella dove si registrano mediamente le velocità maggiori ed un tracciante rilasciato in prossimità della sua foce tende ad essere trasportato fuori del Golfo di Olbia e comunque a non divagare nella rada.

L'efficienza del ricambio idrico lagrangiano relativa all'area prossima alla foce del Padrongianus assume valori unitari, a significare che una sostanza rilasciata sulla sua foce viene drenata totalmente. Questo comportamento non si modifica passando dalla configurazione attuale a quella di progetto.

L'aumento di profondità del canale di accesso previsto in configurazione di progetto, crea una barriera idrodinamica alla dispersione delle acque reflue rilasciate dal Padrongianus che pertanto tendono a rimanere nella zona orientale della rada per poi essere drenate verso il largo.

Per quanto riguarda l'efficienza del ricambio idrico  $E^*$  valutata con il metodo lagrangiano si ottengono i seguenti valori:

- Intera rada, situazione attuale:  $E^* = 0,16$ ;
- Intera rada, situazione di progetto:  $E^* = 0,26$ ;
- Area interna della rada, situazione attuale:  $E'' = 0,43$ ;
- Area interna della rada, situazione di progetto:  $E^* = 0,55$ .

**Il tempo di ricambio idrico dell'intero Golfo di Olbia in presenza del ciclo di brezza, valutato con l'approccio lagrangiano, è stimabile in un intervallo di tempo compreso tra 8 e 14 giorni.**

### 1.15 QUALITÀ DELLE ACQUE

Il presente capitolo riguarda, nello specifico, la qualità delle acque, con particolare riferimento alle fonti di inquinamento in relazione all'analisi delle misure effettuate nel Golfo di Olbia interno.

Gli studi svolti nel passato nel Golfo interno di Olbia sono molto limitati ed inoltre scarsamente divulgati.

In tutti i casi i problemi specifici derivanti dalla diverse forme di inquinamento che possono insistere sul Golfo interno di Olbia sono abbastanza definiti e sono stati assai chiaramente definiti in un rapporto, commissionato dalla Regione Sardegna alla CIPA srl di Milano nel 1993 in relazione agli "effetti della



depurazione delle acque di scarico e di altri interventi di risanamento sull'ecosistema del Golfo di Olbia", dove si asseriva che "i fenomeni di inquinamento cui risulta soggetto il Golfo di Olbia possono essere ricondotti essenzialmente alla deossigenazione delle acque causate sia dall'ossigenazione biologica della sostanza organica contenuta nei liquami scaricati, sia dall'attività di degradazione biologica dei detriti planctonici e bentonici prodotti in eccesso a causa dell'abbondanza di elementi nutrienti".

Nel golfo tutt'oggi insistono delle realtà civili, agricole e produttive molto ben valutabili e non diverse da quelle descritte da CIPA. nel 1993; si tratta:

- dell'agglomerato di Olbia con i suoi scarichi urbani.
- dell'insediamento commerciale-produttivo disposto nell'area nord-est contigua di Olbia dove le realtà produttive con rilasci di inquinanti sono sostanzialmente modeste o irrисorie tanto che il relativo depuratore (depuratore industriale) è tenuto in esercizio con i reflui urbani della città.
- della piana di Olbia con le sue utilizzazioni agricolo-pastorali comunque molto modeste e del tutto estensive se si escludono pochissimi e modestissimi insediamenti intensivi.
- del Fiume Padrogianus che convoglia nel golfo una porzione territoriale vasta dove si trovano gli agglomerati urbani di Berchideddu, Padru e frazioni, Loiri, Enas, Telti ed una frazione di Monti, gli usi di questo territorio sono per lo più zootecnici con allevamenti estensivi mentre sono molto modeste le utilizzazioni agricole caratterizzate per lo più da prati pascolo, sono peraltro in espansione le aree coltivate a vite.

Le fonti inquinanti che assumono rilievo, in questo quadro territoriale e urbano, fanno capo essenzialmente ai reflui civili ed alle asportazioni dai terreni diversamente utilizzati. Si tratta quindi di sostanze nutrizionali organiche e inorganiche metaboliche, agrarie e zootecniche.

Il ruolo importante è rivestito quindi dai composti azotati e fosforici che arrivando nel golfo possono indurre la crescita delle alghe a cui possono conseguire processi eutrofici ed all'estremo distrofie. Eutrofia e distrofie sono problemi rilevanti ben visibili e percepibili che fanno decadere la qualità dell'acqua alla stessa stregua di altre forme inquinanti molto meno visibili e percepibili ma molto più pericolose per la salute umana. Si pensi ad inquinanti come metalli pesanti o sostanze organiche come organoclorurati o pcb e quant'altro. L'eutrofia significa acque sporche, torbide e colorate mentre le distrofie si concretizzano con morie più o meno rilevanti degli animali marini (pesci, molluschi e crostacei) quindi entrambe danno esiti estetici, fruizionali ed economici rilevanti.

Nella trattazione pertanto si darà enfasi a questo problema trofico-distrofico per il quale sono disponibili informazioni senza peraltro tralasciare gli altri problemi, se in presenza di documentazioni adeguate.

### **1.15.1 Caratteristiche generali del golfo**

Il Golfo interno di Olbia, situato nella Sardegna Nord-Orientale, è una insenatura lunga 5.500 m e larga tra 700 e 2.000 m, con una imboccatura situata verso Est larga circa 360 m. Esso presenta una profondità media di circa 7 m ed una profondità massima di 13 m (frutto degli escavi nella calanetta). Nelle zone più interne la profondità si attesta su valori di 1-2 metri. La superficie totale si attesta intorno a  $6,5 \times 10^6$  m<sup>2</sup> con un volume di circa  $34 \times 10^6$  mc.

Degli aspetti idrologici e idrodinamici si conosce assai poco, si sa solo che le maree hanno un regime semidiurno con due alte maree e due basse maree di giorno. La corrente di marea hanno un ritardo di 2-3 ore rispetto alle aree esterne del golfo e possono raggiungere un massimo di 2 nodi con una variazione di livello di circa 30-40 cm ma con massimi fino a 60-80 cm in gennaio. Queste informazioni sono molto approssimative derivanti con tutta probabilità da osservazioni sporadiche dato che non risultano che vi siano né che vi siano state stazioni di misura delle altezze e della corrente di marea all'interno del golfo. In realtà è abbastanza evidente che la comunicazione del golfo interno con il golfo esterno è limitata da uno stretto largo 360 m di cui 150 m hanno una profondità di dragaggio di circa 11 metri.





Esiste una descrizione modellistica del 1988 riportata in un rapporto dello studio Kerrer-La Cava per il Consorzio industriale relativo alla valutazione di impatto ambientale del porto industriale. Questo modello simula il comportamento idrodinamico del golfo sulla base di ipotesi e condizioni di contorno assegnate molto semplici. La validità del modello, in assenza di dati reali di input, è, come riportato nello stesso rapporto, è alquanto limitata e circoscritto alla dimensione piana senza considerazioni sulle stratificazioni. Sono riportati tre scenari con marea semidiurna in calma di vento, marea con vento da est e marea con vento da ovest con velocità variabili da 0 a 12 m s<sup>-1</sup>. È risultato che con calma di vento la marea genererebbe un moto oscillante con campo di velocità dell'ordine di pochi centimetri al secondo e valori massimi nel canaletta di accesso. Con vento da est si genererebbero diversi vortici dei quali il più importante si attesterebbe nella parte centrale del golfo e sarebbe caratterizzato dai valori massimo di velocità sui 30-40 cm s<sup>-1</sup>. Le velocità minime sarebbero nelle saccature terminali ed in corrispondenza dell'Isola Bianca. L'effetto della marea si annullerebbe per velocità del vento di 3-4 m s<sup>-1</sup>. Con vento da ovest si assisterebbe ai medesimi fenomeni ma con rotazione contraria dei vortici. In tutti i casi il rapporto rimarca che il tempo di residenza delle acque risulterebbe abbastanza lungo rispetto ad osservazioni empiriche riportate in varie pubblicazioni e rapporti. Si riporta che, in base a delle misure dirette, sia possibile che il flusso di marea in entrata dal golfo esterno ammonti a circa  $3 \times 10^6$  m<sup>3</sup> die<sup>-1</sup>. Da quando è stata allestita quella relazione sono state approfondite da 8 a 11 m sia la canaletta che tutta l'area di evoluzione prossima all'Isola Bianca ed al porto industriale di Seno Cocciani. Il flusso in entrata è sicuramente aumentato almeno del 40% e quindi è possibile che oggi possano fluire all'interno del golfo masse mareali fino a  $4,2 \times 10^6$  m<sup>3</sup> die<sup>-1</sup> il che, in relazione al volume del golfo, significherebbe un tempo di ricambio idraulico medio complessivo di circa 8, 1 giorni esclusi gli afflussi idrici continentali. Questi sono stimati nel documento Kerrer-La Cava in  $144 \times 10^6$  m<sup>3</sup> e pertanto il tempo di ricambio idraulico può essere verosimilmente di 7,4 giorni pari a 0,019 anni. C'è da dire che questo è tutto in termini teorici in quanto la marea reduce progressivamente nel suo effetto man mano che penetra nella parte interna dove i tempi di ricambio possono essere significativamente assai più elevati; inoltre gli input idrici territoriali si verificano nell'arco del semestre invernale e si riducono o annullano nel semestre estivo e quindi i tempi di ricambio sono più brevi nel periodo invernale mentre sono più lunghi in quello estivo quando invece servirebbero più brevi.

A livello dei fondali l'analisi del rapporto Kerrer-La Cava è limitata solo all'area di Seno Cocciani dove si instaurerebbero correnti in corrispondenza del delta del Rio Padredduri, correnti di deriva litorali che sarebbero in grado di mobilizzare e trasportare anche sedimenti medio-grossolani.

La morfologia spaziale originaria del Golfo è stata modificata sostanzialmente da vari interventi che hanno agito in termini rilevanti sul funzionamento del sistema ecologico.

Gli interventi più datati sono la realizzazione del porto commerciale denominato Isola Bianca e della cosiddetta peschiera.

Il primo intervento è stato di riempimento, funzionale alla costruzione della strada e della ferrovia, per connettere l'Isola Bianca, dove è stato realizzato il porto commerciale, alla terraferma; esso ha determinato nella parte più interna del golfo la formazione di due baie separate che ad oggi, dopo varie aggiunte e riconfigurazioni, risultano: una settentrionale, del Porto Romano, delimitata dall'estremo della banchina nord-orientale e dall'Isola Gabbia con un perimetro di 6.340 m ed una superficie di 97,4 ha ed un'altra meridionale, di Secca Torracchia, più ampia, delimitata dall'estremo della banchina sud-orientale e dall'Isola Cavallo con un perimetro di 10.400 m ed una superficie di 196 ha.

Il secondo intervento ha riguardato una porzione della baia meridionale, antistante la zona di Poltu Quadu, con la realizzazione di una barriera muraria ed il relativo isolamento, per finalità di pesca, di 44,3 ha delimitati da un perimetro di circa 5.000 m. Questa porzione ha una scarsa battimetria forse dell'ordine medio di meno di 1 metro e scambia con il mare antistante attraverso due bocche di comunicazione molto ristrette. Il tempo di ricambio idraulico deve essere limitatissimo e quindi si assiste ad una intensa crescita



delle alghe bentoniche che durante la loro demolizione estiva determinano forti inconvenienti percepibili dagli odori di putrefazione.

L'ultimo intervento di rilievo è stata la realizzazione della banchina del porto industriale, in località Seno Cocciani con il riempimento di circa 13,3 ha, delimitati da un perimetro di 2.356 m.

C'è inoltre da citare la realizzazione in via di ultimazione del porto turistico di Olbia mare tra Isola e Zona Cavallo con il confinamento di 7,3 ha delimitati da un perimetro di 1.552 m.

Le modifiche hanno riguardato anche la profondità al fine di consentire la movimentazione di imbarcazioni di stazza progressivamente maggiore man mano che aumentavano le esigenze del traffico marittimo civile e commerciale. Così sono state sempre di più approfondite le aree di approdo dell'Isola Bianca ed in

particolare è stata molto approfondita la canaletta di connessione con il golfo esterno che si estende per circa 3.000 m ed una larghezza di 150 m fino alla

battimetrica attuale di circa 11 metri, derivante dall'ultimo dragaggio. È stata dragata anche tutta l'area di evoluzione davanti al porto industriale per circa 4 ha. Operazioni di dragaggio si sono svolte anche nel 2007 sia nelle aree di evoluzione per l'attracco delle grandi navi sia nel porto turistico di Olbia mare in fase costruttiva.

La linea di costa nord che si estende per 5.800 m fino a Cala Saccaia è sostanzialmente tutta occupata da insediamenti civili, commerciali e di servizio mentre la linea di costa sud che si estende per 8.400 m è per lo più libera salvo la due zone di Poltu Quadu, in espansione, e di Olbia mare.

I fondali sono caratterizzati da sedimenti prevalentemente sabbiosi, ad elevata componente organica, estremamente mobili e soggetti ad una intensa dinamica dovuta alle correnti e, la dove sussiste scarsa batimetrica e dove non vengono effettuati dragaggi, dalle pratiche di ricerca e prelievo di Tapes (arselle) dai banchi naturali. La dove si trovano le coltivazioni dei mitili i fondali sono spesso (in funzione delle correnti di fondo) caratterizzati da strati di pseudofeci che nei periodi estivi, in presenza di processi eutrofici e di calma meteo-marina, possono concorrere allo scatenarsi di crisi distrofiche per l'intenso consumo di ossigeno derivante dalla loro elevata componente organica.

Il golfo è stato fino dagli anni '40 e fino ad oggi sede di attività di mitilicoltura esercitata in termini diversi con il passare del tempo oltre che in porzioni diverse all'interno del golfo. In origine la coltivazione si esercitava nelle due baie interne mediante pali infissi nel sedimento collegate con cime a cui si appendevano le reste dei mitili. Queste modalità e questi luoghi sono stati la norma fino a che il convogliamento verso il golfo dei reflui urbani di Olbia, sempre quantitativamente crescenti nel tempo, senza adeguata depurazione non ha determinato severi stati di contaminazione fecale con forti pericoli per il vibrione del colera oltre che per il pericolo di crisi distrofiche per l'eccessiva disponibilità nutrizionale e sempre maggiore sviluppo di condizioni eutrofiche. Questo ha comportato la progressiva traslazione delle attività verso l'Isola Bianca e poi verso Seno Cocciani, Zona Cavallo e Cala Saccata dove le maggiori batimetriche hanno comportato anche l'implementazione di altri metodi di coltivazione mediante corpi morti e catene galleggianti dove appendere le reste.

Per capire questa dinamica si deve pensare al Golfo interno di Olbia come un plurireattore dove il processamento degli scarichi urbani avviene lungo l'asse maggiore con intensità progressivamente minore verso il golfo esterno per effetto della diluizione determinata dalle masse idriche marine in entrata e dalle batimetriche crescenti oltre che approfondite con i dragaggi. Pertanto l'eutrofia e la contaminazione fecale è massima nelle aree di immissione dei reflui e minore nelle parti più orientali oltre Padrogianus e Cala Saccaia. I reflui, dapprima venivano immessi, in termini generalizzati, lungo tutta la linea di costa cittadina da una pluralità di condotte, poi, negli anni '80, sono stati intercettati e, con una condotta, addotti ad un depuratore situato nella zona ovest tra Via Venezia e Via Portogallo, in località Baratta, ed attivato nel 1983. I reflui venivano riversati nel Rio Seligheddu ed arrivavano a mare dopo qualche centinaia di metri. Nei primi anni '90 una parte rilevante dei reflui è stata convogliata su un altro depuratore costruito per le esigenze dell'insediamento industriale, in Via Indonesia in una zona avanti l'Isola Gabbia, al fine di servire il



nuovo quartiere di Via Aldo Moro in forte espansione, di alleggerire il carico al depuratore di Via Venezia e di consentire il funzionamento dello stesso depuratore per l'esiguità dei reflui derivanti dall'insediamento industriale.

La produttività della mitilicoltura è legata quindi al rifornimento della sostanza organica per via diretta, contenuta nei reflui più o meno depurati, e indiretta derivante dalla crescita del fitoplancton stimolata dalle sostanze minerali nutrizionali presenti sempre nei reflui. Il gradiente produttivo è pertanto in riduzione dai siti di immissione dei reflui verso Padrogianus-Cala Saccaia.

Le diverse aree producono quindi in termini diversificati man mano che si procede verso l'esterno: questo fintanto che la città ha riversato a mare i suoi reflui sia, dapprima, direttamente sia, in seguito, attraverso i due depuratori. La funzionalità di questi depuratori è stata sempre modesta a causa dei continui incrementi di popolazione che non hanno mai consentito la loro regolare funzionalità oltre al fatto che, comunque, erano sprovvisti di sistemi di abbattimento del fosforo e dell'azoto.

Nel 2007 tutti i reflui sono stati intercettati e adottati (quantomeno in termini teorici) ad un nuovo depuratore disposto nella riva del Fiume Padrogianus, dove scarica, subito a monte della superstrada Olbia-Nuoro in un punto che dista circa 7.000 metri dalla foce. Questo nuovo quadro va a cambiare radicalmente lo scenario dell'inquinamento del golfo e della mitilicoltura; sicuramente in meglio da un punto di vista ambientale ma da valutare bene per quanto riguarda la mitilicoltura in quanto:

- vengono eliminate la gran parte delle sostanze organiche contenute nei reflui che erano un inquinamento inaccettabile dal punto di vista ambientale ma la prima fonte alimentare dei mitili.
- vengono variati i quantitativi delle sostanze inorganiche eutrofizzanti, forse in crescendo per la presumibile elevata efficienza di un depuratore moderno, ma forse anche in diminuzione per i diversi chilometri che devono percorrere lungo il Fiume Padrogianus, che, data la sua morfologia e morfometria, può funzionare come un sistema di fitodepurazione patrimonizzando quantità rilevanti, prima di riversarsi nel golfo ed alimentare le alghe che saranno virtualmente l'unico alimento per i mitili ma in tempi differiti e stagionalmente definiti.
- il massimo trofico si dovrebbe avere nelle zone di Padrogianus e Cala Saccaia per decrescere verso l'esterno ma anche verso l'interno anche se in misura minore per le batimetriche in riduzione e il minore ricambio idrico. Considerato che le aree di coltivazione sono concentrate sostanzialmente proprio tra Cala Saccaia e Zona Cavallo la mitilicoltura dovrebbe avere, almeno in termini teorici, dei benefici produttivi. Tuttavia i processi e le intensità correntometriche nell'area di Padrogianus sono del tutto particolari e non è detto che i rifornimenti nutrizionali minerali che vi arrivano si traducano automaticamente in sostanza organica per i mitili anche perché la canaletta può fungere da barriera verso Cala Saccaia e da sistema di smaltimento all'esterno del golfo. Ci saranno pertanto sicure ripercussioni sulla mitilicoltura, quantomeno a livello organolettico, venendo a mancare la componente organica diretta dei reflui. Gli altri esiti si vedranno nell'arco di due-tre anni anche in relazione ai processi che si consolideranno lungo il percorso del Fiume Padrogianus.

Di fatto questa nuova realtà modifica radicalmente anche il quadro degli elementi conoscitivi disponibili fino ad oggi rendendoli sostanzialmente obsoleti e praticamente di scarsa utilità. Possono servire per fare la cronistoria, per fare confronti e per ipotizzare gli esiti del nuovo stato che peraltro andrà definito con una indagine apposita almeno a ciclo triennale data la situazione transitoria odierna.

L'altra realtà di grande importanza del golfo di Olbia è il traffico navale civile e da diporto in continua crescita. Virtualmente questo traffico non dovrebbe avere impatto rilevante in relazione a cessione di sostanze organiche e minerali eutrofizzanti.

L'unico problema può essere il rilascio derivante dalle vernici a base di organostannici utilizzate nelle imbarcazioni sempre che i rilasci dalle acque di zavorra e di sentina siano virtualmente nulli.



Un'ulteriore realtà implementata nel 1998 nella zona di Cala Saccaia fu un impianto di allevamento ittico (spigole e orate) in gabbie galleggianti costituito da 10 gabbie dalla potenzialità di circa 50 t a-1. L'impianto implicava la somministrazione di mangimi e nel suo complesso rilascia residui alimentari e metaboliti ittici.

L'impianto fu integrato nelle long line di allevamento dei mitili che fungevano come un sistema di filtrazione dei residui alimentari minimizzando, in teoria, l'impatto dell'allevamento ma difficile dire in che misura.

### 1.16 INFORMAZIONI SUGLI ORGANISMI ANIMALI E VEGETALI DELL'AREA DI ESCAVO

Nel 2013, l'Autorità Portuale di Olbia, Golfo Aranci e Porto Torres, ha affidato un lavoro con lo scopo di effettuare delle verifiche sulla presenza di biocenosi sensibili (*Posidonia oceanica*) in prossimità delle aree marine interessate dal PRP di Olbia e Golfo Aranci.

Il lavoro fu commissionato nell'ambito delle attività necessarie per la Valutazione Ambientale Strategica.

Durante le fasi di consultazione (scoping) gli enti competente hanno suggerito la realizzazione di uno studio di incidenza ambientale pur non essendoci aree SIC e ZPS all'interno delle aree di competenza del PRP.

Durante la redazione dello SIA è stato rilevato che la cartografica SI.di.Mar rileva una presenza consistente e diffusa di *Posidonia oceanica* nel bacino interno ed in quello esterno del Golfo di Olbia. Inoltre precedenti attività svolte nelle aree portuali di Golfo Aranci hanno segnalato la presenza di fanerogame marine.

In base a precedenti studi è attività si è rilevato che la *P. oceanica* risulta completamente assente in numerose aree dove la cartografia Ministeriale ne segnala la presenza.

Date le precedenti premesse è stato conferito l'incarico di effettuare una ricognizione delle aree in oggetto attraverso "verità mare" e cioè di verifiche, attraverso immersioni subacquee, sulla presenza di biocenosi sensibili per stabilire la veridicità della cartografia sulla presenza di *P. oceanica* presente sul SIDIMAR realizzata dal MATTM.

I rilievi sono stati effettuati in immersione con ARA. Tramite l'interpretazione di fotografie aeree è stato possibile effettuare un piano di campionamento mirato per determinare le principali biocenosi marine e il limite della fanerogama marina *Posidonia oceanica*. I transetti e le immersioni puntuali, tutti in seguito georeferenziati, hanno permesso la stesura di una cartografia di dettaglio del fondale marino.

La cartografia ambientale tematica riveste un ruolo di primaria importanza sia per gli aspetti di ricerca di base, legati alla conoscenza degli ecosistemi, sia per gli aspetti finalizzati, legati a necessità di intervento e gestione del territorio. Tricart e Kilian (1985) affermano che il rilevamento cartografico è insostituibile per analizzare gli aspetti spaziali dell'ambiente naturale. Per questi motivi, la cartografia ecologica è molto sviluppata in ambiente terrestre, dove la mappatura della vegetazione o delle caratteristiche mesologiche e pedologiche costituisce ormai un elemento fondamentale nell'ambito degli studi ambientali per la gestione territoriale.

L'immersione di personale scientifico subacqueo rimane la tecnica più accurata di mappatura delle praterie di fanerogame, ed è comunque insostituibile come "verità mare" di immagini satellitari, fotografie aeree o sonogrammi.

I costi elevati e l'operatività inevitabilmente limitata, però fanno sì che la mappatura in immersione sia conveniente solo per carte a grande scala di praterie con estensione ridotta.

Tra le metodiche usate figurano: la fotografia aerea e immersioni subacquee. Benché diversi tra loro, questi metodi non devono essere considerati alternativi, ma piuttosto complementari. Solo l'uso congiunto di diverse tecniche può garantire efficienza e risultati verificati. (Meinesz *et al.* 1988).

Al fine di gestire l'ambiente in maniera razionale e sostenibile, il supporto cartografico riveste una sempre maggiore importanza.

Infatti qualsiasi pianificazione che intervenga sull'ambiente esterno deve essere valutata con strumenti adatti. Le rappresentazioni cartografiche non sono quindi univoche, ma sono "adattate" all'ambiente che vogliono rappresentare.

Uno dei principali problemi attuali a livello della fascia marina costiera è legato all'alterazione degli equilibri sedimentari, dovuta sia ai cambiamenti climatici sia agli impatti antropici. Molti litorali sono soggetti ad erosione mentre la piattaforma continentale va sempre più incontro a fenomeni di infangamento generalizzato. Bioindicatori dell'importanza ambientale di questi fenomeni vanno cercati nel benthos, che rappresenta notoriamente la memoria biologica degli ecosistemi marini ( Bianchi e Zurlini, 1994).

La conoscenza del benthos marino è quindi una componente fondamentale nella gestione della fascia costiera, sia essa per fini turistici sia per la costruzione di nuove opere.

### 1.16.1 Inquadramento dell'Area di studio



### 1.16.2 Caratteristiche meteo marine del paraggio

Il golfo di Olbia rappresenta la più importante tra le coste a RIAS della Sardegna settentrionale; La riva di Olbia, ad allungamento E-W presenta la linea di riva controllata da lineazioni dominanti NE- SW, l'area interna è caratterizzata da bassi fondali dei paleoterazzi orografici e da colmate, in parte asportate per i canali di accesso portuale, il canale mediano è costretto fra la riva settentrionale ed il delta del Padrongiano, l'imboccatura stretta tra il promontorio di Dogana Vecchia e l'Isola Bocca condiziona fortemente il regime degli apporti del mare aperto. Il delta del Rio Padrongiano si sviluppa per circa 2 Km all'interno della ria di Olbia, mentre alcuni rami secondari sfociano nel mare esterno (P.ta Saline).



Le Caratteristiche anemometriche, sotto riportate, sono quelle rilevate dalla stazione della M.M. di Capo Figari, ricavate per un periodo di rilevamento di 27 anni (1930-1957).

La figura nella seguente (I.I.M.) presenta il settore di massima traversia e quello di massimo fetch per la stazione di Capo Figari, accompagnati dalla rosa dei venti relativa alla frequenza media annua, calcolata per le 8 direzioni principali e per cinque intervalli di forze (0, 1-2, 3-4, 5-6, 7-12). L'analisi di queste figure permette di evidenziare l'importanza dei venti provenienti da NW, W, NE e, in misura minore, da SE. La figura di seguito riportata, invece, rappresenta sinteticamente le elaborazioni condotte dall'I.I.M. su 27 anni di osservazioni relative allo stato del mare e dalla durata massima delle mareggiate registrate dalla stazione di Capo Figari.

Considerando che il settore di massima traversia (Cioè quello che comprende tutte le direzioni da cui possono provenire venti in grado di produrre una significativa agitazione del mare) è individuato tra i  $317^\circ$  e  $137^\circ$ , l'area risulta battuta principalmente da mareggiate originate da venti settentrionali (principalmente grecale e maestrale).

Questi venti, nei mesi tardo autunnali ed invernali possono determinare mareggiate (Forza 6-7) della durata massima di anche 62 ore. Nei mesi estivi si possono verificare condizioni di mare forza 7 di provenienza NW-NE, ma nel complesso, in questo periodo le condizioni del mare sono positive, con le maggiori frequenze di mare forza 0-1.

La breve descrizione sulle caratteristiche meteo marine della zona più ampia è un passo fondamentale per l'individuazione dei principali venti e mareggiate che agiscono sulla zona. Seppur il golfo di Olbia non sia interessata da queste mareggiate, le dinamiche che agiscono nella baia esterna della RIAS sono condizionate dalle principali successioni meteo marine.

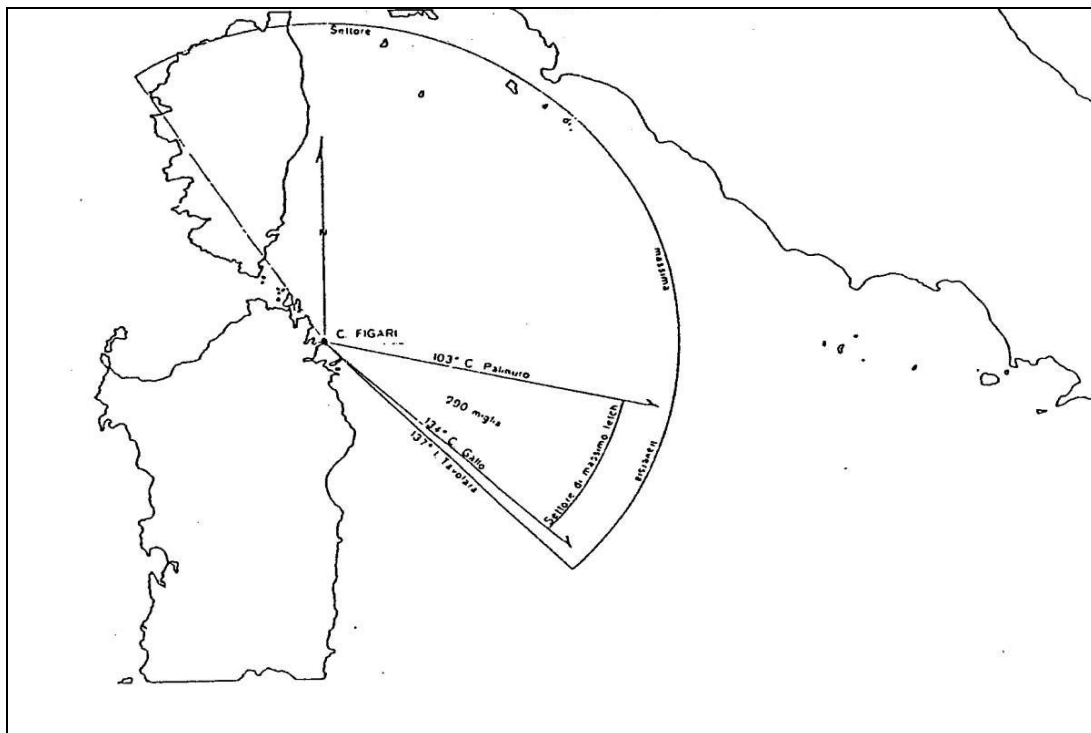


Fig 1.16.2.1 - Settore di Massima traversia, di massimo fetch e diagramma polare delle frequenze medie annuali percentuali di direzione ed intensità del vento per la stazione di Capo Figari (Istituto Idrografico della Marina).

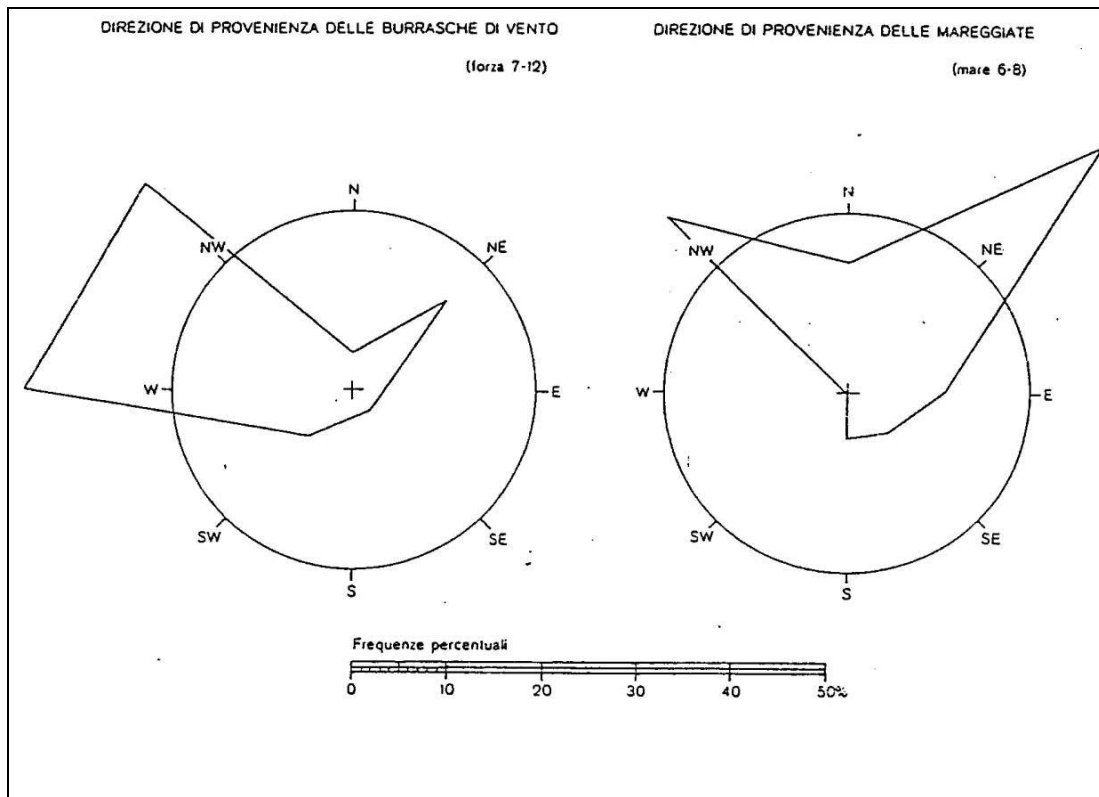


Fig. 1.16.2.2 - Direzione e provenienza delle burrasche di vento e delle mareggiate presso la stazione di Capo Figari (I.I.M.)

### 1.16.3 Descrizione dell'area ampia della RIA di Olbia

L'ecosistema interessato dall'intervento in progetto è caratterizzato dall'intervento antropico nelle sue varie stratificazioni storiche, che ha radicalmente modificato l'originario ambiente tipico delle regioni costiere mediterranee. Il microambiente ricade infatti all'ingresso della baia di Olbia caratterizzata da tutte le sue attività antropiche. Gli ambienti presenti nell'area in studio sono quelli delle aree antropizzate tra cui si inserisce una debole trama con caratteristiche naturali a modo di memoria storica dell'habitat naturale.

Estendendo l'esame al di fuori del microambiente si individuano ambienti rupicoli, seminativi, colture arboree, orti, pascoli, e le zone urbanizzate del centro abitato e degli insediamenti turistici.

Le caratteristiche dei corsi d'acqua presenti solo in occasione di piogge abbondanti, fanno sì che gli ambienti fluviali ed acquatici siano pressoché inesistenti.

Per quanto riguarda la parte a mare, il golfo di Olbia è definibile come *RIAS*, termine utilizzato per descrivere una morfologia costiera costituita da insenature profonde, originatesi da antiche valli fluviali, invase successivamente dall'ingresso del mare nell'ultima generazione.

Le attività umane hanno modificato attualmente l'aspetto della ria, tendendo nel tempo ad una riduzione dello specchio acqueo. Inoltre, la sedimentazione apportata dai corpi idrici che affluiscono nel golfo, aumentando la concentrazione nell'acqua di materiale sospeso, comporta un'ulteriore variazione della quantità e qualità della luce che raggiunge il fondale con effetti negativi sul fitobenthos.

Durante la fase di studio sono state eseguiti dei rilievi per verificare se vi fossero particolari biocenosi di interesse conservazionistico. In particolar modo sono stati fatti dei transetti in immersione per valutare la presenza di fanerogame marine, *Posidonia oceanica* inserita nelle liste di habitat prioritari nella Direttiva

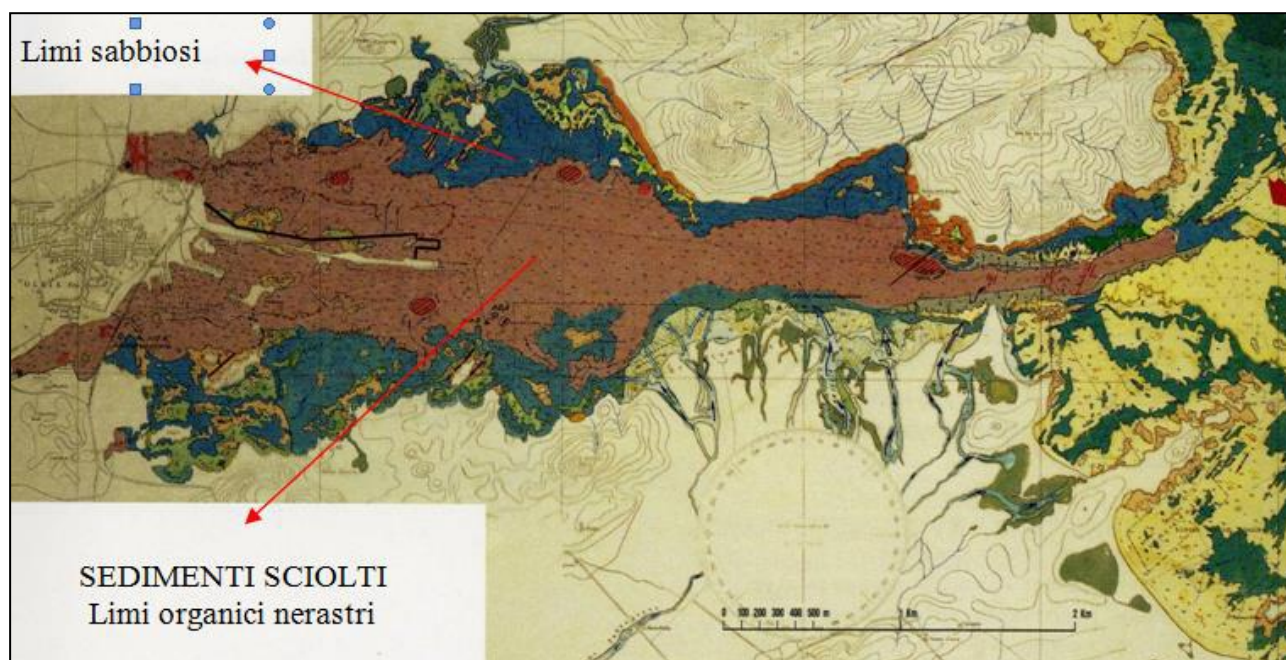


92/43/CEE (direttiva habitat). Risultano presenti altre specie come *Caulerpa prolifera*, *Cymodocea nodosa* e *Zoostera noltii* per altro in genere abbastanza rappresentate in assenza di *Posidonia oceanica*. Anche per quanto riguarda l'ittiofauna, le osservazioni dirette dei sub non hanno evidenziato la presenza di specie pregiate anche in riferimento alle basse profondità dell'area indagata ed al forte traffico marittimo insistente in quel tratto di mare.

#### 1.16.4 Descrizione geomorfologica del golfo di Olbia

Il golfo di Olbia è costituito da paleovali fluviali sottoposte a ingressione marina, attualmente in gran parte colmate da sedimenti litorali e deltizi. La riva di Olbia, ad allungamento E-W presenta la linea di riva controllata da lineazioni dominanti NE- SW; l'area interna è caratterizzata da bassi fondali dei paleoterazzi orografici e da colmate, in parte asportate per i canali di accesso portuale; il canale mediano è costretto fra la riva settentrionale ed il delta del Padrongiano; l'imboccatura stretta tra il promontorio di Dogana Vecchia e l'Isola Bocca condiziona fortemente il regime degli apporti del mare aperto. Il delta del Rio Padrongiano si sviluppa per circa 2 Km all'interno della ria di Olbia, mentre alcuni rami secondari sfociano nel mare esterno (P.ta Saline).

L'apporto deltizio è costituito da numerosi canali da andamento radiale, complicati da percorsi meandriformi e divaganti che vanno a formare lagune interdeltizie interrotte da velme e barene. La piana alluvionale del Rio Padrongiano è caratterizzata da un andamento subpianeggiante, articolato dall'affioramento dei modesti rilievi granitici dei terrazzi orografici e da piccoli terrazzamenti che sottolineano i limiti tra le due generazioni dei depositi fluviali. L'area antropizzata, in corrispondenza degli insediamenti urbani di Olbia, interessa anche la ria, con strutture portuali e l'entroterra con la canalizzazione di molti corsi d'acqua.



La ria di Olbia è caratterizzata da sedimenti di diversa dimensione infatti all'interno della ria abbiamo sedimenti che vanno dal silt alla sabbia grossolana e talvolta sono ghiaiosi.

Infatti, il range va dalle sabbie siltose e silt grossolano fino alle ghiaie (De Luca et al 2005). I sedimenti più grossolani si ritrovano verso le sponde della baia. In particolare possiamo nella sponda sud della ria è situata la foce (un piccolo delta) del Rio Padrongianus, rio con un moderato bacino idrografico ma con una spiccata dinamica che alimenta costantemente il delta (Ginesu 1999).

La figura seguente illustra a grandi linee la sedimentologia della ria, tale figura è stata ricavata da dati ritrovati in bibliografia (De Luca et al 2005) e da informazioni raccolte sul campo.



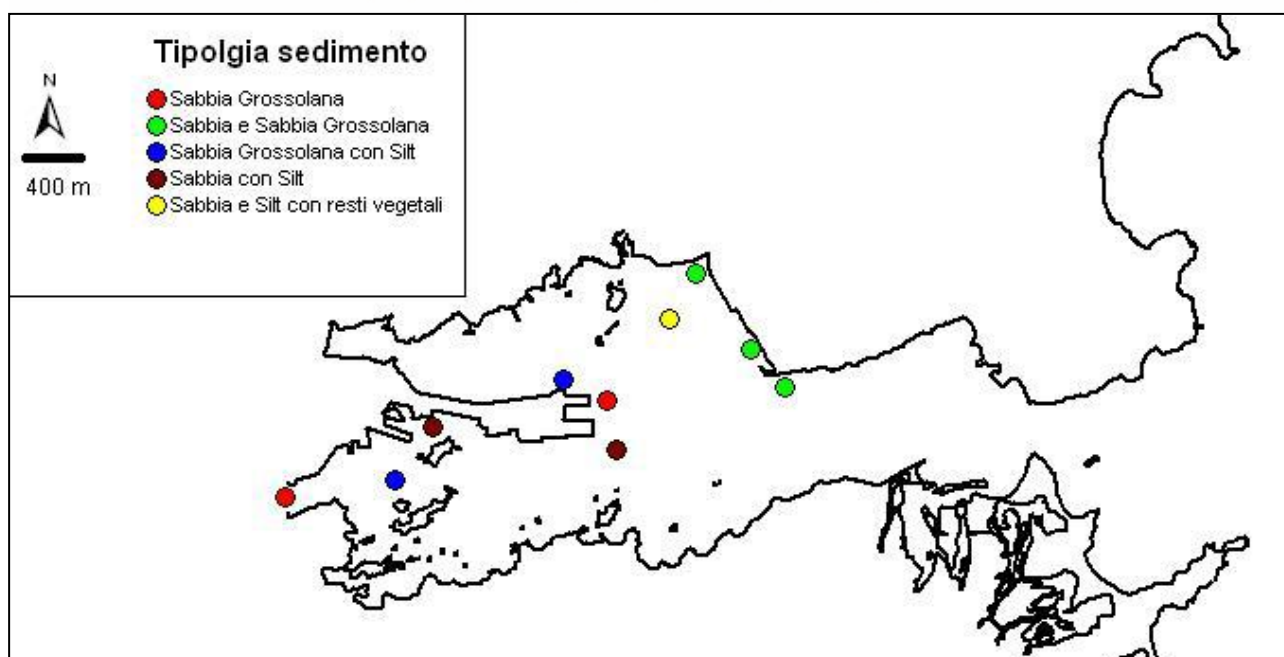


Fig. 1.16.4.1 - Tipologia di sedimento nel golfo di Olbia

In particolare, si osserva che il sedimento più fine, quello in cui è presente il silt, si localizza nella parte centrale della ria in prossimità dei moli di attracco delle navi passeggeri. I campioni che non contengono silt sono quelli immediatamente sulla sponda meridionale della ria. Inoltre, un campione in prossimità del molo e uno molto interno alla ria non presentano silt. Il sedimento siltoso potrebbe essere più facilmente risospeso dal passaggio delle navi e quindi aumentare la torbidità dell'acqua.

### 1.16.5 Materiali e metodi

L'indagine dell'area esaminata è stata condotta con la tecnica dei campionamenti in situ, e l'analisi di immagini satellitari ed aeree. Sono stati eseguiti quattro transetti della lunghezza tra i 300 ed i 350m. La posizione dei transetti è stata scelta riferendosi ai progetti e all'analisi delle foto aeree. Identificato un punto di partenza, del transetto, si è seguita una direzione fissa, in modo tale da avere il maggior riscontro sulle biocenosi presenti. In tal modo è stato possibile coprire un'ampia porzione di fondale marino per valutarne meglio le diverse biocenosi. Altre immersioni sono state effettuate per valutare le "verità mare". Grazie, infatti alla fotointerpretazione è stato possibile identificare dei punti chiave per la cartografia. La mappatura delle strutture, siano esse abiotiche o biotiche, dell'ambiente marino avviene oramai quasi in toto grazie al supporto della tecnologia, infatti sia a elevate come a basse profondità strumenti come ecografi, multibeam, sidescan sonar, foto aeree e immagini satellitari sono utilizzate al fine di identificare le caratteristiche e/o le perturbazioni in ambiente sommerso. Specificatamente si ritrovano in bibliografia molti casi nei quali la mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* avviene combinando informazioni provenienti da foto aeree con rilievi effettuati in situ o con immagini side scan sonar (Baroli et al 2004, Cancemi et al 2000, De Falco et al. 2000, Pasqualini et al. 1999, Pasqualini et al 1998). Lo scopo di questo lavoro è la caratterizzazione del fondale marino antistante la zona dove saranno svolti i lavori di dragaggio lungo la canaletta di ingresso alla RIA di Olbia. Per ottenere tale mappatura sono state incrociate differenti tipologie di informazioni. Infatti, sono state analizzate foto aeree della zona, dati riguardanti le batimetrie e rilievi effettuati in immersione. Data la bassa profondità delle acque tra 0 e 14 metri, si è scelto di privilegiare le informazioni ottenute attraverso una serie di survey sul posto (transetti e verità mare), i quali hanno permesso in seguito di analizzare le foto aeree della zona e quindi di ottenere una cartografia bionomica adeguata.

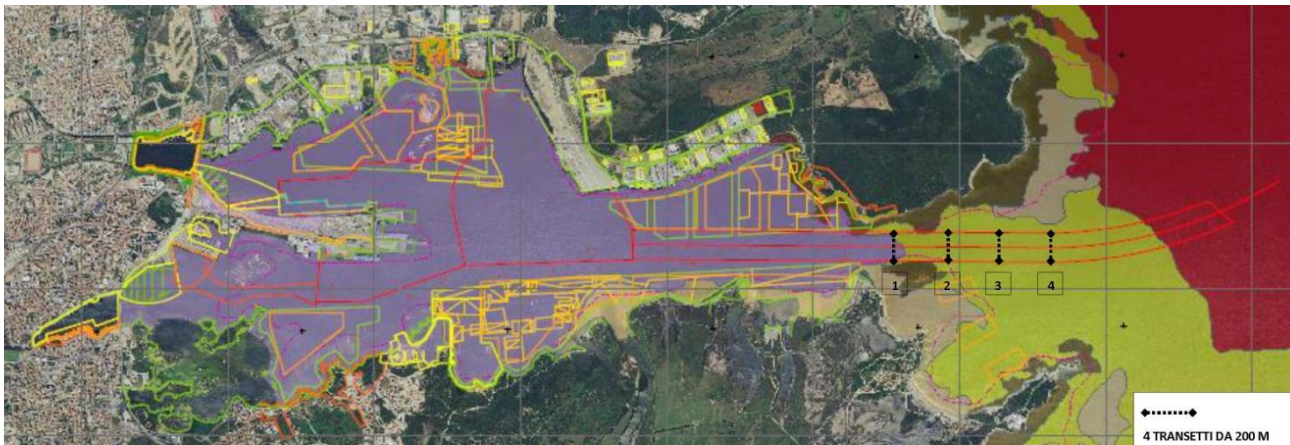


Fig. 1.16.5.1 - Piano di campionamento dei transetti

### 1.16.6 Analisi d'immagine

Gli ambienti costieri sono ambienti di transizione, infatti in tali ambienti insistono processi fisici ed ecologici di natura diversa. La complessità di tali ambienti è dovuta alle interazioni fra questi processi a cui si aggiungono interventi antropici. Il monitoraggio di tali ambienti è quindi necessario ogni qual volta si interviene e si modifica la struttura fisica ed ecologica di questi sistemi.

*Posidonia oceanica* (L.) Delile, è la pianta marina più diffusa del mar Mediterraneo di cui è endemica (Pergent et al., 1995), tale pianta colonizza generalmente i fondali mobili: sabbie da fini a grossolane fino alla profondità di circa 40 metri in acque oligotrofe (Boudouresque et al., 1990).

La *Posidonia oceanica* forma nelle acque costiere vere e proprie praterie che sono un ecosistema chiave per l'ambiente costiero. Inoltre, possono essere importanti per la stabilizzazione dei sedimenti costieri e la protezione degli arenili (De Falco et al 2003, Jeudy de Grissac and Boudouresque, 1985) o per alcune attività antropiche quali per esempio la pesca (Mazzella et al., 1993).

L'analisi d'immagine ha trovato applicazioni in molti settori del monitoraggio di ambienti terrestri, di transizione (Boak and Turner 2005) e marini (Baroli et al 2004, Cancemi et al. 2000).

Le informazioni ottenute attraverso le analisi a cui si sottopongono le fonti di informazione siano esse semplici foto aeree, immagini satellitari o altro, sono spesso inseriti in ambiente GIS e restituiti cartograficamente evidenziando i tematismi che più interessano.

Numerosi sono gli studi di monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica* effettuati con l'utilizzo di foto aeree ed immagini satellitari (Pasqualini et al 1998, De Falco et al 2006, Fornes et al 2006).

In questo lavoro si intende effettuare una cartografia bionomica della zona interessata al fine di caratterizzare con maggior precisione i popolamenti ed i substrati che caratterizzano il fondale marino prospiciente all'area di intervento.

L'analisi d'immagine è stata eseguita sulle immagini scaricate direttamente dal Portale Cartografico Nazionale e dal portale Bing Maps, inoltre, al fine di avere utili informazioni sulle caratteristiche delle biocenosi presenti sono state consultate le cartografie on line del Ministero dell'Ambiente ([www.tutelamare.it](http://www.tutelamare.it)) e i rapporti della Mappatura della *Posidonia oceanica* attorno all'Isola di Sardegna.

Le fasi dell'attività di editing cartografico sono state le seguenti:

- Sono stati acquisiti, in formato CAD, gli stati informativi del PRP e sono stati traslati in ambiente GIS e georeferiti dove necessario;
- Le immagini georeferenziate, sono state analizzate con Software di immagine;



- Sulla base si sono poi posati i transetti eseguiti e le relative osservazioni sullo stato delle biocenosi;
- Sulle osservazioni sono state in seguito altresì integrate le fotointerpretazione delle più recenti ortoimmagini pubblicate sul portale Bing Maps;
- La carta risultante, restituita in scala 1:5.000 su reticolo metrico proiettato su coordinate Gauss-Boaga (fuso Ovest) con le campiture diversamente colorate in ragione di ciascuna diversa biocenosi riscontrata, con il PRP in sovrapposizione, per meglio comprendere l'interazione degli interventi previsti con lo stato naturale dei luoghi di interesse.
- Le tavole suddette vengono fornite sia in formato cartaceo che in digitale su formato PDF.

L'analisi d'immagine effettuata ha avuto lo scopo di evidenziare la presenza di praterie di *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* e *Zostera noltii* nell'area di interesse e di individuare le principali caratteristiche biocenotiche del fondale marino.

Le procedure di analisi sono state effettuate sia sull'immagine che comprende la terraferma (area adiacente al piccolo porticciolo) che sull'immagine dello specchio acqueo in continuazione con l'immagine precedente, ma che evidenzia i particolari del fondale a maggior profondità.

La procedura di analisi d'immagine ha permesso di valutare quali erano le principali caratteristiche del fondale indagato, in particolare di evidenziare le aree del fondale colonizzate da *P.oceanica*, *C. nodosa* e *Z. noltii* e quelle in cui sono presenti affioranti rocciosi colonizzati da alghe fotofile.

Tutte le immagini considerate sono state trattate con il medesimo sistema, le informazioni ottenute da ciascuna analisi hanno permesso di ottenere una mappatura della zona in esame.

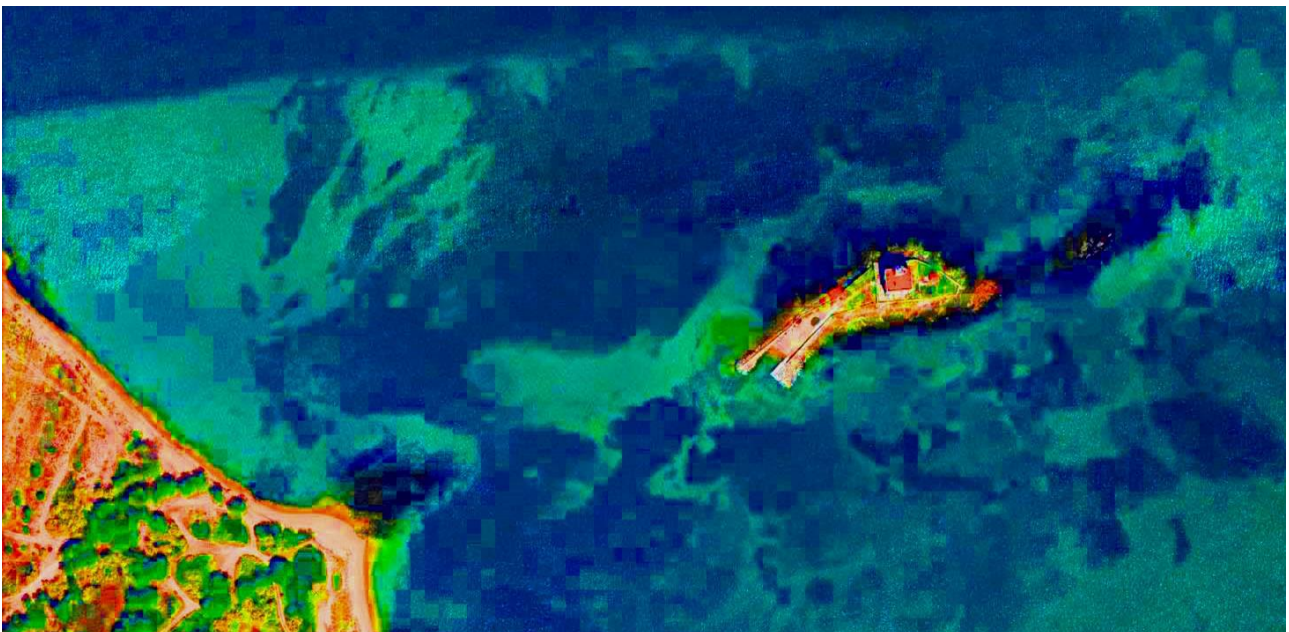


Fig. 1.16.6.1 -- Analisi di immagine

### 1.16.7 Risultati dei transetti

Nelle pagine che seguono sono sinteticamente riportati i rilievi effettuati in immersione. I 4 transetti descritti rappresentano l'enunciazione dei popolamenti ai fini della stesura della cartografia bionomica del fondale marino. I siti sono distribuiti nell'ambito dell'intera area dove si prevede l'intervento. Le osservazioni subacquee sono state effettuate secondo gli approcci tipici del rilevamento bionomico tramite immersione scientifica (Bianchi et al., 1999). In particolare è descritta la tipologia del fondo marino i punti dove il transetto ha avuto inizio e la direzione seguita durante la stesura dello stesso, le coordinate

geografiche, la profondità massima esplorata, una breve caratterizzazione, e la lista degli habitat e delle specie osservate. Le coordinate geografiche sono state ricavate con GPS (*Global Positioning System*) portatile, riferito all'ellissoide WGS 84. La profondità è stata misurata con computer da immersione. La caratterizzazione rappresenta una sintesi delle note di campo e soprattutto tende a definire le unità di popolamento riconosciute *in situ* con criterio misto tra fisionomico (prevalente) e di fedeltà, quando le specie caratteristiche erano sufficientemente cospicue o di determinazione relativamente. Il primo metodo di rilevamento è consistito nella realizzazione di transetti. La mappatura è stata effettuata con una bindella metrica ed una bussola da immersione per seguire una direzione costante.

### Schema della zonazione biologica dei popolamenti bentici

Fondali mobili del piano infralitorale dell'area esaminata

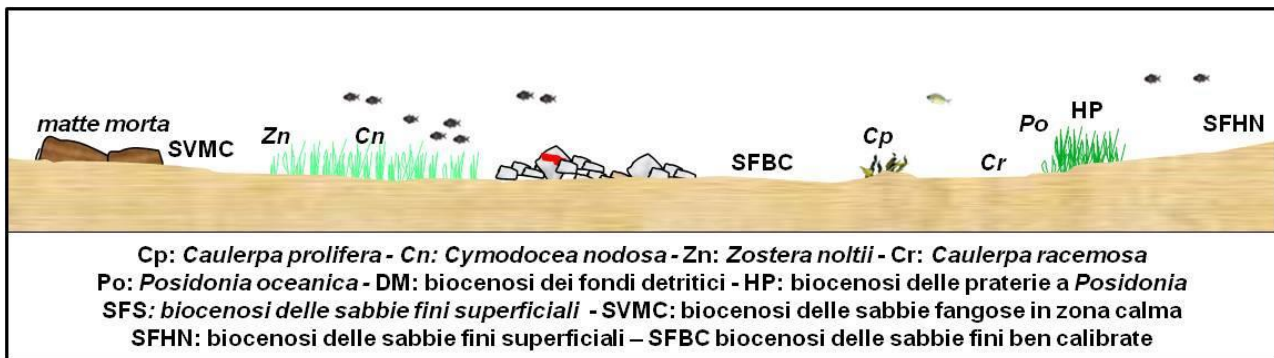


Fig. 1.16.7.1 - Rappresentazione schematica delle principali biocenosi rilevate in immersione

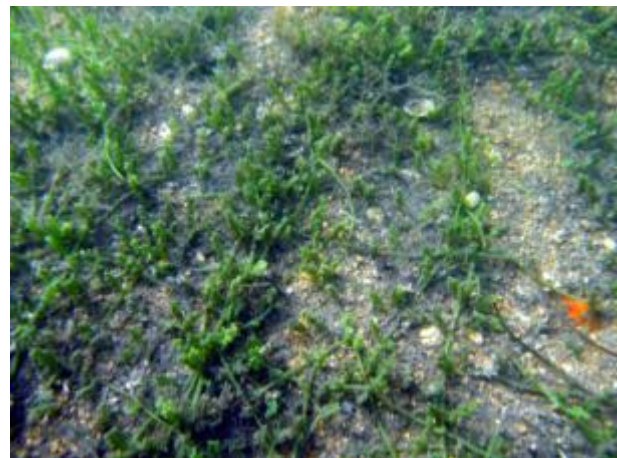


Fig. 1.16.7.2 – foto dei popolamenti rilevati in immersione

### 1.16.8 La zonazione bionomica

Campo di studio della bionomia è la zonazione dei popolamenti biologici. Uno dei concetti basilari in bionomia è quello di biocenosi: secondo la teoria individualistica è un raggruppamento di specie organizzato e funzionalmente integrato. Il significato del termine bionomia può essere reso con "definizione dell'ambiente attraverso criteri biologici". Il suo campo di studio è conoscere quali raggruppamenti di organismi sono presenti, come sono distribuiti e perché. Si tratta dunque di una caratterizzazione biologica dell'ambiente che mira a definire zone diverse sulla base del popolamento biologico che le abita; in ultima analisi, bionomia è quindi lo studio della zonazione degli organismi.

In mare la distribuzione degli organismi non è omogenea ma varia in accordo alle caratteristiche dei diversi ambienti che sott'acqua si possono incontrare. Come è noto una prima suddivisione che si fa dell'ambiente marino è la distinzione tra benthos, costituito dall'insieme degli organismi legati al fondo marino, e pelagos, costituito dagli organismi di acque libere (plancton e necton), che non traggono contatti diretti e



permanenti col fondo. Anche limitandosi al bentos, tuttavia, è constatazione comune che esiste una netta zonazione biologica, che i raggruppamenti floro-faunistici cambiano ad esempi, in relazione alla natura del substrato: sui fondi rocciosi sono preponderanti gli organismi che vivono al di sopra del substrato (epibenthos), mentre sui fondi sabbiosi e fangosi sono nel complesso più rappresentati gli organismi che vivono infossati nei sedimenti (endobenthos). (Bianchi C. N. 1991).

Per l'analisi delle biocenosi prenderemo in considerazione la zonazione verticale, che divide l'ambiente marino in zone o piani. I vari piani (zona verticale di spazio in cui le condizioni ambientali sono più o meno omogenee) sono separati tra loro da delle discontinuità ambientali e da marcati rinnovamenti floro-faunistici.

Partendo da qualche metro sopra il livello del mare abbiamo il sopralitorale o anche detto zona degli spruzzi, questa fascia nonostante si trovi fuori del mare, ha grosse interazioni con esso, e non viene quasi mai sommersa. Il mesolitorale è la zona in cui si ha alternanza di emersione ed immersione. L'infralitorale si estende dalla superficie fino alla massima profondità alla quale si trovano fanerogame marine. Il circalitorale dal limite inferiore delle fanerogame marine fino al margine della platea continentale. Il sistema profondo non lo prenderemo in considerazione. Ognuna di queste zone ha differenti tipi di popolamenti bentici in relazione ai tipi di substrato. Per questo è emersa l'esigenza da parte degli studiosi di creare un modello di zonazione delle comunità - o biocenosi bentoniche - come utile strumento operativo al fine di possedere un quadro di riferimento per poter identificare i principali elementi che caratterizzano l'ambiente in esame.

Il modello attualmente più utilizzato, tra i vari proposti per il Mar Mediterraneo, è quello di Pérès e Picard (1964) che individua sia per il sistema fitale (presenza di luce) che per quello afitale (senza luce) le diverse biocenosi presenti sui fondali mobili e duri. Secondo tale modello all'interno di ciascun sistema si possono individuare dei "piani" che si susseguono verticalmente e si estendono tra due livelli "critici" entro i quali le condizioni ambientali si mantengono più o meno costanti. All'interno di ogni piano si trovano le biocenosi tipiche dello stesso, che sono costituite da specie caratteristiche, accompagnatrici e accidentali. Le specie caratteristiche sono dette esclusive nel caso in cui siano legate ad un determinato biotopo e si trovino solo eccezionalmente altrove; sono dette preferenziali se sono nettamente più abbondanti in un determinato biotopo, ma, allo stesso tempo possono essere accompagnatrici in un altro. Le specie accompagnatrici possono essere ugualmente abbondanti in diversi biotopi, in quanto sono specie distribuite nell'intero piano, oppure indicatrici di un certo fattore edafico, o ancora a larga ripartizione ecologica. Infine, le specie accidentali sono quelle caratteristiche di un'altra biocenosi, che, vengono trovate eccezionalmente nel biotopo in esame.

Tra le associazioni presenti troviamo:

#### Associazione a *Cymodocea nodosa*

Questa fanerogama, diffusa lungo le coste del Mediterraneo, colonizza i fondali mobili da 0 a 20 m di profondità. L'incapacità dei rizomi di accrescersi in senso ortotropico impedisce l'edificazione di una vera e propria "matte" cosicché i prati consistono in uno strato superficiale di sedimento contenente un denso sviluppo vegetale, comprensivo di un compatto intreccio radicale cui si dà il nome inglese di "turf" per i prati a *Cymodocea*. Questa specie presenta una densità che tende ad aumentare dall'inverno all'estate e foglie più lunghe in primavera. Si afferma su sedimenti con prevalenza di elementi fini scarsamente ossidati.

#### Associazione a *Zostera noltii*: *Zosteretum noltii*

Predilige le melme e le paludi delle lagune caratterizzate da sedimenti fini in cui sono presenti processi induttivi. I limiti inferiore e superiore di *Zostera noltii* si spostano con il diminuire della salinità, e nell'acqua salmastra si può trovare permanentemente sommersa. Occupa fondali meno profondi, fornendo riparo e sostanze nutritive a tutti quegli organismi che occupano questi habitat. La specie caratteristica è eurialina. Rappresentatività: buona sul fondo di baie riparate in tutto il Mediterraneo. Conservazione: eccellente negli



ambienti di foce e lagunari e nelle baie riparate non invase da *Caulerpa taxifolia*; buona: nelle baie riparate e nelle lagune in associazione con *Caulerpa prolifera* e/o *Caulerpa racemosa*;

Associazione a *Caulerpa prolifera*: *Caulerpetum proliferae*

Specie caratteristica: *Caulerpa prolifera*; forma prati talvolta molto densi; è presente un elevato numero di organismi vegetali e animali epibionti e coinquilini.

Associazione a *Caulerpa racemosa*: *Caulerpetum racemosae*

Specie caratteristica: *Caulerpa racemosa* diffusa in molte varietà e forme ecologiche. La vegetazione è di tipo psammofilo-pelofilo. I prati si presentano con una struttura orizzontale a mosaico o in densi prati continui. L'associazione si sta diffondendo con rapidità in tutto il Mediterraneo.



Fig. 1.16.8.1- foto dei popolamenti rilevati in immersione

### 1.16.9 Descrizione delle biocenosi nell'area esaminata

Nell'area esaminata insistono differenti biocenosi. Secondo la classificazione proposta da Pérès e Picard (1964) tre di queste sono ascrivibili ai fondi mobili:

Biocenosi delle sabbie fini superficiali (SFHN); Biocenosi di Sabbie Fangose di Moda Calma (SVMC); Biocenosi delle sabbie fini ben calibrate o classate (SFBC).

Queste prime tre biocenosi sono caratterizzate da popolamenti bentonici costituiti prevalentemente da organismi endobionti: le diverse specie, infatti, sono in grado di penetrare più o meno in profondità all'interno del substrato, favorendone così l'ossigenazione, ad esempio con la costruzione di gallerie. Lo spessore colonizzato varia sensibilmente in base alla granulometria, che risulta essere il parametro più importante per l'insediamento di una specie.

Queste tre biocenosi si trovano in tutta l'area esaminata che va dalla superficie fino a circa dieci metri di profondità. Nelle zone esterne alla canaletta di ingresso del porto, e nelle acque oltre i dodici metri si ha lo sviluppo della fanerogama marina *Posidonia oceanica* che ha dei complessi popolamenti che hanno una loro classificazione bionomica: biocenosi delle praterie a *Posidonia* (HP).

La classificazione delle biocenosi è generalmente effettuata sulla base della granulometria del substrato. Tuttavia, alcune sono legate ad altri fattori ambientali, quali la temperatura e la salinità (per le biocenosi eurialine ed euritermali) o la presenza di sostanze inquinanti. A parte sono considerate le praterie a *Posidonia oceanica*. Le biocenosi ritrovate in questo piano sono a loro volta aderenti ad associazioni e Facies: tra le principali che ritroviamo:

- Associazione a *Cymodocea nodosa*
- Associazione a *Zostera noltii*
- Associazione a *Caulerpa prolifera*



- Associazione a *Caulerpa racemosa*
- Prati misti a *Caulerpa* e *Cymodocea*

Progredendo verso l'esterno della canaletta di ingresso nella RIA di Olbia la presenza della prateria a *Posidonia oceanica* è sempre più frequente. Nella parte più esterna dell'area "Vecchia Dogana" la prateria, impiantata su sabbia e matte, colonizza i fondali anche a bassa profondità.

Lungo tutti i substrati rigidi sia naturali che artificiali si instaura una biocenosi ad alghe fotofile (AP) ed un fouling composto da (alghe, spugne, bivalvi e cirripedi) che riesce a strutturarsi fino ad instaurare popolazioni di *Mytilus galloprovincialis*.

Proseguendo in direzione ovest verso la parte interna della ria, il detrito mediolitorale viene presto sostituito da biocenosi di interesse ecologico come le biocenosi delle sabbie fangose, lagune, estuari (SVLE) che nella parte meno superficiali vengono sostituite dalle sabbie fangose in zone calme (SVMC). La presenza della foce del fiume Padrongiano determina infatti, per buona parte dell'ingresso nella RIA, un cambiamento di biocenosi. La zona compresa tra l'ingresso alla RIA e la costa che la sottende, presentano quindi delle caratteristiche di originalità sia idrodinamiche che biologiche, identificandole come aree idonee per la captazione del novellame per la molluschicoltura. A conferma di ciò si registra la presenza di una serie di impianti altamente produttivi di molluschicoltura.

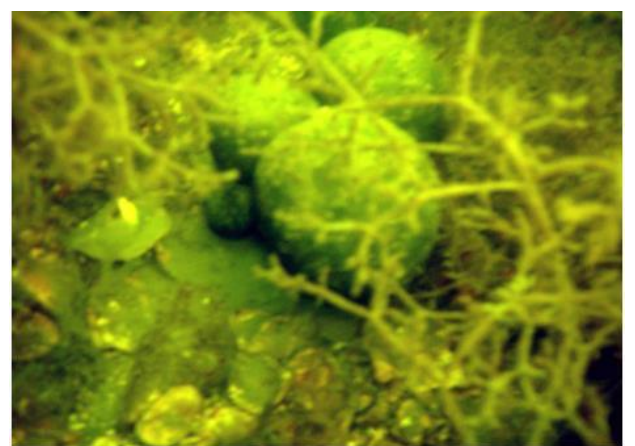
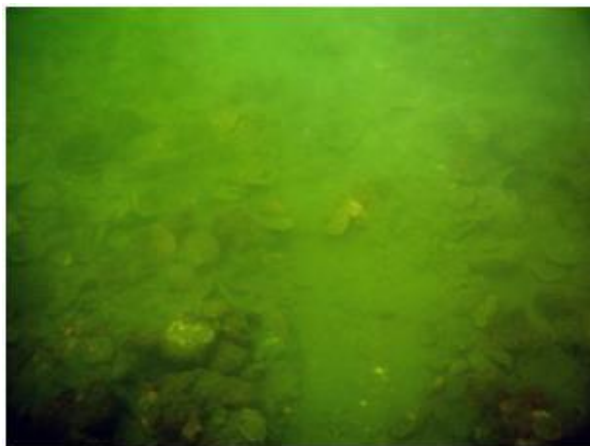
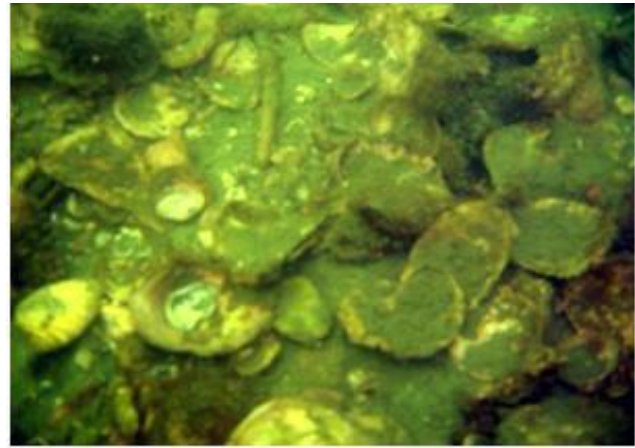
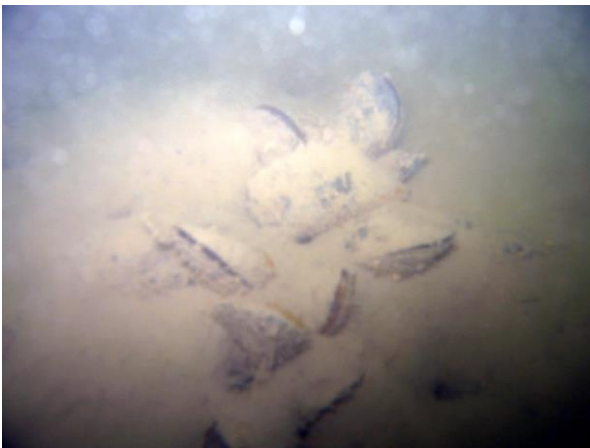
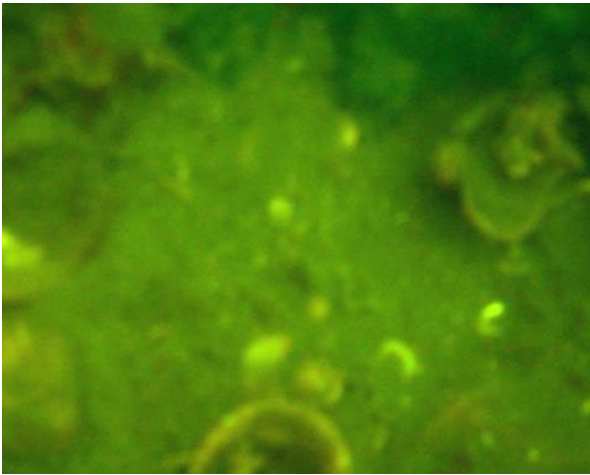
Dal punto di vista bionomico il corteggio faunistico è dominato dai rappresentanti delle Biocenosi delle Sabbie Fini Ben Classate (SFBC) e della Biocenosi delle Sabbie Infangate di Moda Calma (SVMC). Inoltre un elevato numero di specie, sono indicatrici di materia organica (MO) o sono descritte in letteratura come specie a larga ripartizione ecologica (Lre).

Queste biocenosi (SFBC, SVMC), che non concorrono esse sole a definire l'intero quadro bionomico, sono affiancate da specie ubiquiste a larga ripartizione ecologica e specie che tipicamente colonizzano le aree portuali, come tipicamente accade negli ambienti stressati (Picard, 1985).

Dal punto di vista trofico non è identificabile una vera e propria zonazione essendo detritivori e carnivori sempre le categorie più rappresentate. I primi sono generalmente legati a zone a basso idrodinamismo (Gambi & Giangrande, 1985), i secondi sono correlati solo indirettamente alla natura del substrato. La loro presenza è maggiormente legata alla disponibilità delle prede e testimonia un maggior livello strutturale della comunità.

Analizzando i transetti svolti in immersione ed i campioni prelevati, si può notare che la presenza di *Posidonia oceanica* e altre fanerogame marine è praticamente assente. Il fondale marino nella zona esaminata è caratterizzato principalmente da uno strato di sedimenti sciolti formati da limi organici nerastri, intercalati da gusci di bivalvi di vario genere. In certi tratti il fondale è formato da limi sabbiosi di rideposizione. Analizzando i campioni prelevati si può notare un primo strato Aerobico di pochi centimetri, seguito da un ampio strato di sedimento Anaerobico. La comunità bentonica di questo tratto di mare è formata principalmente dalla feoficea come *Doctyota* sp. e da altre alghe Chlorophyceae del genere *Codium*.

Intercalati nel sedimento si trovano vari gusci di conchiglie del genere Cardioidea, con presenza in piccole quantità anche di bivalvi del genere Pectinoidea.



La presenza di fanerogame marina è praticamente esclusa in tutta la parte interna della RIA di Olbia. Si riscontrano piccole patches di *Cymodocea* e *Zostera* in prossimità della foce del fiume Padrongiano.

Queste sono dei residui di una più ampia prateria di queste fanerogame che interessava buona parte del porto di Olbia. Prima che le attività antropiche incluse quelle di mitilicoltura prendessero piede nella RIA.





## 2. CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI DELL'AREA DI ESCAVO DI FONDALI MARINI

### 2.1 Percorsi di caratterizzazione

Sulla base della tipologia portuale e sull'opzione di gestione dei sedimenti dragati (rimmersione in mare) e dei volumi di escavo (compreso tra i 600.000 e i 650.000 mc), potrà essere seguito il cosiddetto "Percorso I", così come prevista dall'allegato tecnico del Decreto 15 luglio 2016, n. 173.

#### 2.1.1 Disegno di campionamento

La strategia ottimale di campionamento deve consentire una caratterizzazione rappresentativa dell'intera superficie e del volume di materiale da sottoporre a movimentazione. Per tale motivo nella zona interna al golfo di Olbia, nelle aree con batimetrica inferiore ai -10,0 m dal l.m.m., sono state individuate (Tav.3a/Tav.3b/Tav.3c) 131 aree unitarie, delle quali 57 di tipologia "1" da 50\*50 m rappresentative di area interna caratterizzata dalla presenza di manufatti, quali le banchine, e 91 di tipologia "2", da 100\*100 m, rappresentative delle zone interne a distanze dai manufatti superiori a 50 m, e 14 di tipologia "3", da 200\*200 m, questo in osservanza degli esempi riportati nelle figure 1 e 4 dell'allegato tecnico del Decreto 15 luglio 2016, n. 173. Per la distribuzione delle celle vedasi elaborato allegato.

#### 2.1.2 Stazioni di campionamento

All'interno di ciascuna area unitaria (maglia quadrata di campionamento) è stato individuato il punto di campionamento che, in linea di massima, è stato collocato al baricentro dell'area unitaria e numerato progressivamente con il codice Sn\_XX. Laddove il baricentro dell'area unitaria ricadeva in una posizione ove non sarà necessario effettuare dragaggio poiché la batimetrica è risultata prossima o superiore a quella dei -10,0 m dal l.m.m., si è privilegiato una collocazione ragionata del punto di campionamento in modo tale che venisse rappresentato uno spessore di sedimenti significativo.

Prioritariamente rispetto a qualunque attività dovrà essere effettuata la verifica della presenza di eventuali ordigni bellici nelle aree interessate dall'esecuzione dei sondaggi.

Qui di seguito si riportano le "Coordinate WGS84 Geografiche" e le "Coordinate WGS84 Piane" dei punti di campionamento, la quota batimetrica, la profondità in metri da raggiungere rispetto al fondo, nonché il numero dei campioni da prelevare per spezzoni da 50 cm partendo dalla sommità coincidente con il fondo.

### TABELLA COORDINATE PUNTI DI CAMPIONAMENTO

Punto	Bat.	Prof	Camp.	Coordinate PIANE Gauss-Boaga		Coordinate WGS84 GMS	
	(m)	(m)					
1P	-8,7	1,3	3	1543671.3138	4530201.1412	09°31'05.8494"	40°55'17.8755"
2P	-9,35	0,65	1	1543726.9355	4530198.5718	09°31'08.2267"	40°55'17.7816"
3P	-8,97	1,03	3	1543798.2050	4530207.9415	09°31'11.2760"	40°55'18.0717"
4P	-9,13	0,87	2	1543826.9127	4530195.6824	09°31'12.5002"	40°55'17.6686"
5P	-8,57	1,43	3	1543899.7070	4530241.6177	09°31'15.6241"	40°55'19.1442"
6P	-8,53	1,47	3	1543929.9047	4530237.9933	09°31'16.9142"	40°55'19.0208"
7P	-8,48	1,52	3	1543970.0870	4530234.8213	09°31'18.6313"	40°55'18.9102"
8P	-8,39	1,61	3	1544034.5326	4530219.4560	09°31'21.3826"	40°55'18.3994"
9P	-9,49	0,51	1	1544094.0549	4530260.5202	09°31'23.9378"	40°55'19.7195"



10P	-8,94	1,06	3	1544127.6589	4530256.8139	09°31'25.3736"	40°55'19.5928"
11P	-8,89	1,11	3	1544197.5130	4530251.7064	09°31'28.3587"	40°55'19.4136"
12P	-10,06	-0,06	0	1544234.5964	4530251.9314	09°31'29.9443"	40°55'19.4137"
13P	-9,83	0,17	1	1544228.2210	4530281.6633	09°31'29.6716"	40°55'19.4149"
14P	-9,05	0,95	2	1544225.1959	4530349.9070	09°31'29.5674"	40°55'22.5926"
15P	-9,32	0,68	1	1544239.3224	4530367.2613	09°31'30.1759"	40°55'23.1527"
16P	-9,11	0,89	2	1544187.1155	4530377.6787	09°31'27.9465"	40°55'23.5007"
17P	-8,75	1,25	3	1544142.4875	4530381.4543	09°31'26.0394"	40°55'23.6318"
18P	-7,85	2,15	4	1544073.5832	4530379.7073	09°31'23.0930"	40°55'23.5885"
19P	-6,62	3,38	4	1544022.0307	4530412.3826	09°31'20.8974"	40°55'24.6581"
20P	-5,25	4,75	5	1544020.8985	4530437.3659	09°31'20.8554"	40°55'25.4685"
21P	-7,73	2,27	4	1544074.6999	4530464.8529	09°31'23.1626"	40°55'26.3495"
22P	-8,11	1,89	3	1544160.0694	4530458.7463	09°31'26.8110"	40°55'26.1348"
23P	-7,61	2,39	4	1544193.2387	4530457.7693	09°31'28.2288"	40°55'26.0967"
24P	-8,94	1,06	2	1544230.4494	4530451.9500	09°31'29.8183"	40°55'25.9007"
25P	-7,01	2,99	4	1544200.4874	4530482.1832	09°31'28.5450"	40°55'26.8870"
26P	-8,08	1,92	3	1544206.3584	4530540.9439	09°31'28.8111"	40°55'28.7914"
27P	-8,2	1,8	3	1544165.9375	4530549.1017	09°31'27.0850"	40°55'29.0638"
28P	-8,54	1,46	3	1544111.1181	4530554.5887	09°31'24.7426"	40°55'29.2523"
29P	-8,5	1,5	3	1544065.8119	4530552.5590	09°31'22.8051"	40°55'29.1953"
30P	-8,14	1,86	3	1544028.7921	4530592.8830	09°31'21.2326"	40°55'30.5101"
31P	-9,42	0,58	1	1543963.8688	4530589.9225	09°31'18.4560"	40°55'30.4267"
32P	-8,8	1,2	2	1543933.8996	4530588.5519	09°31'17.1743"	40°55'30.3881"
33P	-9,58	0,42	1	1543858.5098	4530595.1064	09°31'13.9528"	40°55'30.6152"
34P	-9,17	0,83	2	1543808.7685	4530588.1977	09°31'11.8243"	40°55'30.4008"
35P	-9,3	0,7	1	1543759.3078	4530575.5623	09°31'09.7064"	40°55'30.0005"
36P	-8,71	1,29	2	1543719.1154	4530578.7254	09°31'07.9887"	40°55'30.1108"
37P	-9,31	0,69	2	1543684.3905	4530618.1100	09°31'06.5141"	40°55'31.3947"
38P	-9,5	0,5	1	1543650.7509	4530635.5848	09°31'05.0802"	40°55'31.9678"
39P	-9,42	0,58	1	1543574.7959	4530626.8208	09°31'01.8306"	40°55'31.6982"
40P	-9,22	0,78	2	1543524.2825	4530620.6531	09°30'59.6693"	40°55'31.5079"
41P	-9,34	0,66	1	1543476.6209	4530627.6996	09°30'57.6333"	40°55'31.7456"
42P	-8,55	1,45	3	1543412.8348	4530599.7602	09°30'54.8990"	40°55'30.8517"
43P	-9,29	0,71	2	1544090.9102	4530616.7545	09°31'23.8946"	40°55'31.2723"
44P	-9,12	0,88	3	1544186.3129	4530623.7539	09°31'27.9752"	40°55'31.4807"
45P	-8,26	1,74	3	1544322.8138	4530621.3534	09°31'33.8108"	40°55'31.3763"
46P	-6,08	3,92	4	1544397.4636	4530627.2628	09°31'37.0039"	40°55'31.5533"
47P	-6,47	3,53	4	1544497.5387	4530624.5045	09°31'41.2819"	40°55'31.4443"



48P	-9,62	0,38	1	1544239.7539	4530467.3915	09°31'30.2200"	40°55'26.3997"
49P	-8,85	1,15	3	1544427.5079	4530521.0296	09°31'38.2611"	40°55'28.1024"
50P	-8,37	1,63	3	1544478.5936	4530498.3352	09°31'40.4394"	40°55'27.3565"
51P	-10,33	-0,33	0	1544543.7503	4530496.0768	09°31'43.2245"	40°55'27.2706"
52P	-8,18	1,82	3	1544698.7882	4530507.8142	09°31'49.8561"	40°55'27.6207"
53P	-7,69	2,31	3	1544766.7859	4530472.5589	09°31'52.7541"	40°55'26.4640"
54P	-9,49	0,51	1	1544281.3117	4530434.2548	09°31'31.9883"	40°55'25.3170"
55P	-9,33	0,67	1	1544647.3023	4530420.9559	09°31'47.6323"	40°55'24.8141"
56P	-8,97	1,03	2	1544727.2302	4530424.6194	09°31'51.0505"	40°55'24.9173"
57P	-9,09	0,91	2	1544833.2544	4530404.4331	09°31'55.5782"	40°55'24.2417"
58P	-8,61	1,39	3	1544943.1464	4530409.4629	09°32'00.2778"	40°55'24.3831"
59P	-8,37	1,63	3	1545014.2116	4530387.6819	09°32'03.3104"	40°55'23.6628"
60P	-9,75	0,25	1	1545032.6325	4530313.4531	09°32'04.0786"	40°55'21.2520"
61P	-9,63	0,37	1	1545143.1948	4530303.4849	09°32'08.8029"	40°55'20.9067"
62P	-10,34	0,66	1	1545239.6961	4530272.8609	09°32'12.9206"	40°55'19.8946"
63P	-9,72	1,28	3	1545314.6241	4530276.2917	09°32'16.1248"	40°55'19.9909"
64P	-10,34	0,66	1	1545429.5060	4530281.5454	09°32'21.0378"	40°55'20.1382"
65P	-8,82	2,18	4	1545535.3656	4530301.7082	09°32'25.5689"	40°55'20.7709"
66P	-9,82	1,18	3	1545626.9256	4530309.4008	09°32'29.4854"	40°55'21.0020"
67P	-9,01	0,99	2	1543891.4188	4530180.4460	09°31'15.2542"	40°55'17.1620"
68P	-9,35	0,65	1	1544002.9599	4530141.7248	09°31'20.0129"	40°55'15.8848"
69P	-9,3	0,7	1	1544084.3140	4530144.9442	09°31'23.4919"	40°55'15.9735"
70P	-9,4	0,6	1	1544237.5559	4530186.9893	09°31'30.0541"	40°55'17.3071"
71P	-8,99	1,01	2	1544941.1818	4530124.0704	09°32'00.1195"	40°55'15.1287"
72P	-9,11	0,89	2	1544981.1458	4530125.9021	09°32'01.8285"	40°55'15.1802"
73P	-9,4	0,6	1	1545111.0072	4530131.8366	09°32'07.3818"	40°55'15.3469"
74P	-9,59	1,41	3	1545195.9199	4530135.7198	09°32'11.0131"	40°55'15.4560"
75P	-10,99	0,01	0	1545352.6484	4530145.5118	09°32'17.7161"	40°55'15.7423"
76P	-10,81	0,19	1	1545430.6785	4530146.4556	09°32'21.0523"	40°55'15.7573"
77P	-10,8	0,2	1	1545534.9945	4530151.2524	09°32'25.5133"	40°55'15.8920"
78P	-10,81	0,19	1	1545640.4578	4530156.0448	09°32'30.0234"	40°55'16.0262"
79P	-10,71	0,29	1	1545719.4989	4530156.9065	09°32'33.4027"	40°55'16.0383"
80P	-10,3	0,7	1	1545898.7948	4530308.0118	09°32'41.1083"	40°55'20.9022"
81P	-10,68	0,32	1	1546111.3251	4530257.6715	09°32'50.1812"	40°55'19.2268"
82P	-10,9	0,1	0	1546355.0925	4530327.3975	09°33'00.6216"	40°55'21.4383"
83P	-10,02	0,98	2	1546606.7254	4530260.3014	09°33'11.3615"	40°55'19.2109"
84P	-9,32	1,68	3	1546761.3327	4530272.3728	09°33'17.9747"	40°55'19.5707"
85P	-9,4	1,6	3	1546926.1632	4530279.9107	09°33'25.0237"	40°55'19.7812"



86P	-9,23	1,77	3	1547120.9630	4530288.8191	09°33'33.3544"	40°55'20.0297"
87P	-9,41	1,59	3	1547385.4623	4530305.6442	09°33'44.6671"	40°55'20.5203"
88P	-9,38	1,62	3	1547545.3080	4530313.2386	09°33'51.5030"	40°55'20.7332"
89P	-9,42	1,58	3	1547779.8281	4530328.9604	09°34'01.5337"	40°55'21.1939"
90P	-10,01	0,99	2	1547959.6482	4530337.1881	09°34'09.2239"	40°55'21.4228"
91P	-9,55	1,45	3	1548092.4842	4530278.1938	09°34'14.8865"	40°55'19.4817"
92P	-10,58	0,42	1	1548298.3853	4530372.7002	09°34'23.7159"	40°55'22.5026"
93P	-5,59	4,41	5	1545163.4347	4531053.3769	09°32'09.8647"	40°55'45.2206"
94P	-7,64	2,36	4	1545189.1115	4530996.1617	09°32'10.9476"	40°55'43.3600"
95P	-7,26	2,74	3	1545215.7352	4530953.5597	09°32'12.0747"	40°55'41.9732"
96P	-6,94	3,06	4	1545258.6805	4530925.2647	09°32'13.9036"	40°55'41.0471"
97P	-8,64	1,36	3	1545261.6881	4530879.0340	09°32'14.0200"	40°55'39.5474"
98P	-8,58	1,42	3	1545229.5594	4530822.9857	09°32'12.6316"	40°55'37.7362"
99P	-8,17	1,83	3	1545254.1510	4530805.1013	09°32'13.6783"	40°55'37.1513"
100P	-9,11	0,89	2	1545286.0173	4530762.6330	09°32'15.0297"	40°55'35.7678"
101P	-9,72	0,28	1	1545303.4364	4530800.3723	09°32'15.7843"	40°55'36.9881"
102P	-9,85	0,15	1	1545365.4847	4530760.3721	09°32'18.4267"	40°55'35.6786"
103P	-10,44	-0,44	0	1545390.3342	4530700.1958	09°32'19.4733"	40°55'33.7222"
104P	-8,14	1,86	4	1545412.6306	4530652.5383	09°32'20.4140"	40°55'32.1724"
105P	-7,47	2,53	4	1545433.7294	4530627.1090	09°32'21.3095"	40°55'31.3435"
106P	-8,21	1,79	3	1545471.6579	4530563.7704	09°32'22.9143"	40°55'29.2819"
107P	-9,07	0,93	2	1545527.5898	4530457.7440	09°32'25.2777"	40°55'25.8325"
108P	-9,1	0,9	2	1545561.8871	4530380.3243	09°32'26.7236"	40°55'23.3150"
109P	-6,13	3,87	4	1545096.6931	4530992.0954	09°32'06.9950"	40°55'43.2466"
110P	-7,32	2,68	4	1545193.0657	4530915.4424	09°32'11.0955"	40°55'40.7417"
111P	-8,12	1,88	3	1545205.4937	4530801.8596	09°32'11.5971"	40°55'37.0559"
112P	-8,32	1,68	3	1545232.9857	4530748.0628	09°32'12.7584"	40°55'35.3059"
113P	-8,6	1,4	3	1545295.1562	4530691.6901	09°32'15.4017"	40°55'33.4655"
114P	-9,27	0,73	1	1545323.3856	4530632.0736	09°32'16.5930"	40°55'31.5265"
115P	-9,18	0,82	2	1545401.8172	4530514.2652	09°32'19.9153"	40°55'27.6906"
116P	-8,64	1,36	3	1545453.0794	4530422.7721	09°32'22.0829"	40°55'24.7133"
117P	-8,54	1,46	3	1545486.0181	4530359.2094	09°32'23.4743"	40°55'22.6455"
118P	-8,8	1,2	3	1545396.8536	4530387.7907	09°32'19.6697"	40°55'23.5902"
119P	-9	1	2	1545352.6623	4530470.4832	09°32'17.8022"	40°55'26.2805"
120P	-9,3	0,7	1	1545271.1928	4530582.2316	09°32'14.3484"	40°55'29.9207"
121P	-8,84	1,16	2	1545246.6640	4530645.3684	09°32'13.3163"	40°55'31.9729"
122P	-8,6	1,4	3	1545188.7283	4530740.2624	09°32'10.8641"	40°55'35.0618"
123P	-8,34	1,66	3	1545135.8412	4530829.6300	09°32'08.6263"	40°55'37.9703"



124P	-7,36	2,64	4	1545096.3726	4530903.1635	09°32'06.9580"	40°55'40.3627"
125P	-5,94	4,06	4	1545056.6784	4530976.4393	09°32'05.2800"	40°55'42.7468"
126P	-9,07	0,93	2	1545097.6915	4530343.1964	09°32'06.8679"	40°55'22.2036"
127P	-8,12	1,88	3	1544981.1189	4530491.0660	09°32'01.9226"	40°55'27.0219"
128P	-8,49	1,51	3	1544869.6359	4530469.1415	09°31'57.1505"	40°55'26.3330"
129P	-7,01	2,99	4	1544910.1864	4530541.6588	09°31'58.9031"	40°55'28.6765"
130P	-6,98	3,02	4	1544811.3792	4530555.0399	09°31'54.6821"	40°55'29.1300"
131P	-8,68	1,32	3	1544665.0316	4530556.1987	09°31'48.4254"	40°55'29.1963"
132P	-9,42	0,58	1	1544581.6131	4530581.7397	09°31'44.8655"	40°55'30.0410"
133P	-8,85	1,15	3	1543489.2197	4530666.4375	09°30'58.1818"	40°55'32.9993"
134P	-8,8	1,2	3	1543594.9011	4530672.7302	09°31'02.7018"	40°55'33.1831"
135P	-7,42	2,58	4	1543684.3142	4530678.1086	09°31'06.5261"	40°55'33.3404"
136P	-9,61	0,39	1	1543784.5213	4530658.2874	09°31'10.8054"	40°55'32.6783"
137P	-9,33	0,67	1	1543889.0684	4530649.8179	09°31'15.2732"	40°55'32.3835"
138P	-9,64	0,36	1	1543994.0572	4530647.1773	09°31'19.7613"	40°55'32.2776"

**Totale caratterizzazioni n. 133**

**Totale campioni n. 326**

## 2.2 Modalità di prelievo, conservazione ed analisi dei campioni

### 2.2.1 Procedure di campionamento

La tecnica di campionamento da utilizzare è, prioritariamente, quella del carotaggio con carotiere vibro-corer che dovrà consentire un recupero del 100% del campione ed il prelievo di sedimento per quanto possibile indisturbato. Non dovranno essere utilizzati liquidi per agevolare il carotaggio o l'estrusione della carota né il ricorso a sostanze detergenti. Per il prelievo delle carote dovrà essere utilizzato un carotiere con un diametro interno non inferiore ai 100 mm e lunghezza non inferiore a 2,00 m idoneo al campionamento della grande maggioranza dei punti per sedimenti costituiti da sabbie da grossolane a fini in presenza di matrice limo-argillosa.

Per i ventisei punti di campionamento, con spessori di indagine compresi tra 2.0 e i 5.0 metri, dovrà essere utilizzato un vibro-corer della lunghezza idonea al campionamento di tali spessori. In ogni caso è data facoltà all'impresa esecutrice di effettuare delle verifiche dello spessore dei sedimenti sciolti mediante l'infissione di un'asta cava manuale per verificare preventivamente la profondità del sedimento sciolto fino a rifiuto.

La quantità di sedimento campionato dovrà essere sufficiente per la predisposizione di tutte le aliquote necessarie comprese quelle per gli Enti di controllo. È data facoltà alla ditta esecutrice di effettuare più sondaggi per punto di campionamento e, nel caso, le carote estruse andranno suddivise negli spezzoni da 50 cm partendo dalla sommità coincidente con il fondale e poi miscelate tra i campioni corrispondenti sino ad ottenere un campione omogeneo rappresentativo del livello secondo lo "A.2 Schema di campionamento e accorpamento" dell'elaborato allegato.



La profondità di carotaggio indicate nel capitolo precedente dovranno essere necessariamente raggiunte a meno che il carotiere non vada “a rifiuto”, nel qual caso si interromperà il carotaggio ad una quota inferiore rispetto a quella prevista annotando la quota raggiunta dal carotiere.

Il campionamento dei fondali necessiterà dell'ausilio di un mezzo nautico (imbarcazione e zattera o piattaforma galleggiante) adeguato al raggiungimento delle stazioni di campionamento previste. L'imbarcazione e la piattaforma galleggiante per l'esecuzione dei campionamenti dovranno possedere caratteristiche tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- \* pescaggio adeguato al raggiungimento delle stazioni di campionamento previste;
- \* strumentazione di bordo idonea per il campionamento (i.e. verricello e cavo idoneo, sia per lunghezza che per capacità di recupero, all'uso della strumentazione di campionamento);
- \* spazio necessario per l'installazione e l'operatività dell'attrezzatura di campionamento da utilizzare;
- \* spazio necessario per lo stoccaggio del materiale di consumo decontaminato da usare per la raccolta dei campioni;
- \* spazio necessario per lo stoccaggio provvisorio del materiale in esubero;
- \* spazio operativo per il subcampionamento di sedimento nelle diverse aliquote senza incorrere nel rischio di perturbazione fisica o contaminazione chimica del campione (i.e.: motori, emissioni gassose, ecc.);
- \* spazio per lo stoccaggio dei campioni a temperatura controllata;
- \* spazio operativo, in completa sicurezza durante le fasi di campionamento, per il personale tecnico e la strumentazione. È indispensabile la dotazione di un ecoscandaglio per il rilevamento della profondità di prelievo e di un sistema di localizzazione satellitare con metodologia differenziale D.G.P.S. (Differential Global Positioning System).

È data facoltà all'impresa esecutrice di trasportare il carotiere con il sedimento non estruso in una stazione di campionamento appositamente predisposta sulla banchina, nel qual caso le carote realizzate dovranno pervenire alla stazione entro un'ora dal campionamento e i carotieri, durante il periodo sopra il mezzo nautico, dovranno permanere coperti con teli inumiditi o in un luogo ombreggiato.

Le carote di sedimento devono essere preventivamente decorticate della parte più esterna a contatto con le pareti interne al liner o al carotiere, per evitare la contaminazione da trascinamento, fotografate e predisposto il log stratigrafico. Le attrezzature utilizzate che prevedono il contatto con il sedimento devono essere accuratamente pulite prima del loro reimpiego.

Per ciascuna carota devono essere individuate sezioni di 50 cm, 100 cm o 200 cm, o sezioni residue di almeno 20 cm rappresentative del livello più profondo, secondo le seguenti modalità:

- \* le carote fino a 1 m di altezza devono essere suddivise in due sezioni, di cui la prima di 50 cm a partire dalla sommità;
- \* per carote con altezza superiore ai 1 metro e fino a 2 m, oltre alle 2 sezioni di cui al punto precedente, deve essere individuata almeno una sezione rappresentativa del metro successivo al primo;
- \* per carote con altezza superiore ai 2 m, oltre alle 3 sezioni di cui ai punti precedenti, deve essere individuata una sezione rappresentativa di ogni successivo intervallo di 2 m.

Per agevolare la corretta predisposizione dei campioni, in allegato è riportato lo schema di campionamento.



Qualora sia accertato il raggiungimento del substrato geologico naturale costitutivo dell'area, opportunamente documentato nella relazione tecnica, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente l'individuazione di sezioni rappresentative dell'intero strato.

Per agevolare la corretta predisposizione dei campioni, in allegato è riportato lo schema di campionamento e, come si dettaglierà nel paragrafo "2.2.3 Accorpamento campioni", lo schema di accorpamento.

Qualora sia accertato il raggiungimento del substrato geologico naturale costitutivo dell'area, opportunamente documentato nella relazione tecnica, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente l'individuazione di sezioni rappresentative dell'intero strato.

## 2.2.2 Preparazione del campione

Da ciascuna sezione deve essere prelevata una aliquota di sedimento in modo tale da garantire la massima rappresentatività del campione. Il campione prelevato deve essere omogeneizzato e suddiviso nelle aliquote previste per le diverse analisi.

La quantità di materiale prelevata per ciascun campione deve essere sufficiente a garantire tutte le analisi fisiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, compresa l'aliquota di riserva da conservare per eventuali approfondimenti e/o verifiche.

Dal campione, prima delle analisi, devono essere rimosse manualmente e registrate in campo (Scheda di campo) e/o in laboratorio (rapporto di prova), le componenti di origine antropica (es.: frammenti di plastica, vetro, metallo, ecc.) e naturale (ciottoli, organismi del macrobenthos) di dimensioni comunque superiori a 5 mm (vedi successivo paragrafo 2.5). Evidenziare questi aspetti nella scheda di campo di descrizione macroscopica del campione e corredarla di foto. Riportare anche una stima sommaria della percentuale in peso delle componenti di origine antropica.

Qualora il campione così ottenuto sia costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche possono essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di inquinamento. In questo caso, la classe di qualità del materiale corrisponde alla migliore tra quelle previste dalla classe di tossicità rilevata (Tabella 2.8 dell'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173).

All'atto del campionamento l'apposita "Scheda di campo" dovrà contenere anche le informazioni identificative della stazione di prelievo (coordinate proiettate UTM WGS84) e dei campioni da avviare alle successive analisi. Per la scheda di campo si faccia riferimento al sito web ISPRA ove sono disponibili i modelli editabili della scheda delle attività di campo.

## 2.2.3 Conservazione del campione

Le modalità di trasporto e di conservazione dei campioni sono indicate nella seguente tabella:

Modalità di trasporto e di conservazione dei campioni

PARAMETRO	CONTENITORE	TRASPORTO (°C)	CONSERVAZIONE (°C)
GRANULOMETRIA	plastica o vetro	4 – 6	4 – 6
SOSTANZA ORGANICA O TOC	vetro o polietilene	4 – 6	≤ -20 <sup>(1)</sup>
CHIMICA ORGANICA	vetro o polietilene	4 – 6	≤ - 20 <sup>(1)</sup>
METALLI E INORGANICI	polietilene o vetro	4 – 6	≤ - 20 <sup>(1)</sup>



<b>ECOTOSSICOLOGIA<sup>(2)</sup></b>	polietilene o vetro	4 – 6	4 – 6
--------------------------------------	---------------------	-------	-------

<sup>(1)</sup> solo per campioni che non siano stati liofilizzati

<sup>(2)</sup> da eseguire sul campione fresco (paragrafo 2.3.1).

Il periodo di conservazione dell'aliquota di materiale destinata a eventuali controanalisi e/o verifiche non deve essere inferiore a 3 mesi dal termine delle attività di gestione dei materiali dragati.

Le metodologie analitiche da utilizzare per la determinazione dei parametri fisici, chimici, microbiologici ed ecotossicologici dovranno essere conformi a protocolli nazionali e/o internazionali standardizzati o riportati su Manuali e Linee Guida del Sistema Nazionale delle Agenzie.

#### 2.2.4 Qualità del dato

A garanzia della qualità del dato:

- \* devono essere garantite le prestazioni di qualità di cui al D.Lgs 219/2010, come recepimento della Direttiva 90/2009/EC;
- \* le indagini devono essere condotte da Enti e/o Istituti Pubblici di comprovata esperienza, oppure da laboratori privati accreditati da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN 17011/05 per i parametri utilizzati ai fini della classificazione di qualità dei materiali di cui al presente Capitolo 2; in entrambi i casi viene richiesto il possesso di certificazioni nazionali e/o internazionali relative all'inserimento in circuiti di calibrazione specifici (es. QUASIMEME, etc.) laddove esistenti, che diano dimostrazione della qualità delle analisi;
- \* i risultati delle analisi e delle relative misure di controllo qualità per ciascun parametro fisico, chimico, ecotossicologico, devono essere riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori e nella Relazione tecnica che deve contenere anche i dati relativi all'analisi delle comunità bentoniche e delle biocenosi presenti redatti da tecnico qualificato, secondo le indicazioni riportate nei paragrafi specifici.

#### 2.2.5 Relazione Tecnica

Tutti i dati relativi al campionamento, alla caratterizzazione, alle prestazioni analitiche (QA/QC), alla classificazione devono essere riportate in una relazione tecnica con allegate:

- \* La "Scheda di inquadramento dell'area di escavo" con conferma del rispetto delle indicazioni progettuali in merito a posizionamento dei punti di campionamento;
- \* Le "Schede di campo";
- \* La "Caratterizzazione fisica" di cui al capitolo 2.5;
- \* I rapporti di prova di laboratorio chimico e relazione sulle analisi ecotossicologiche.

Oltre ai verbali cartacei compilati al momento del campionamento sulle schede fornite dal Committente, tutta la documentazione fotografica ed i dati raccolti durante le attività di campionamento dovranno essere organizzati e strutturati in modo da poter essere restituiti, alla fine delle operazioni di campionamento, in formato digitale, con l'obiettivo del loro inserimento all'interno di un Sistema Informativo Geografico.

In particolare, i dati relativi ai campionamenti dovranno essere resi disponibili in un'unica tabella nel formato Excel, che verrà fornita dal Committente all'Esecutore.

La tabella seguirà le specifiche di formattazione delineate di seguito. Le coordinate dovranno essere riferite al datum WGS84 e dovranno essere espresse in metri. Ad ogni campione dovrà essere associato un unico record della tabella che dovrà contenere tutte le informazioni richieste. I campi relativi alle tipologie di





analisi che prevedono risultati di tipo descrittivo (descrizione del campione, qualità organolettiche, ecc.) dovranno essere di tipo alfanumerico.

I campi relativi alle informazioni e alle tipologie di analisi che prevedono dati di tipo numerico (ad es. coordinate, profondità, ecc.) dovranno essere unicamente di tipo numerico. La precisione dovrà essere adeguata al parametro descritto ed allo strumento adoperato. Il separatore decimale dovrà essere il punto. Non dovrà essere presente alcun separatore di migliaia.

## 2.3 Caratterizzazione e classificazione ecotossicologica

### 2.3.1 Batteria di saggi biologici

I saggi biologici devono essere eseguiti su tutti i campioni destinati alle analisi, singoli o accorpati. I risultati devono essere riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori, indicando, oltre ai dati grezzi, il metodo ed i parametri statistici necessari, a supporto della affidabilità del dato, così come riportato in Appendice 2A dell'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173 che, ad ogni buon conto, si allega, nella versione commentata, in calce alla presente. In particolare:

- \* nel caso di utilizzo dei criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B (allegata anch'essa nella versione commentata in calce alla presente), i risultati devono essere espressi come effetto misurato nel campione ( $\pm$  scarto tipo 6) e nel controllo negativo ( $\pm$  scarto tipo 6), riferito alla massima concentrazione del campione testata (compatibilmente al metodo del saggio impiegato);
- \* nel caso della classificazione ecotossicologica secondo il criterio tabellare ottenuto nell'ambito della batteria di saggi biologici utilizzata, i risultati devono essere espressi come EC20 e/o EC50 con i relativi limiti fiduciali o come effetto ( $\pm$  scarto tipo 6) rispetto al controllo negativo (riportando il dato anche di quest'ultimo) e riferito alla massima concentrazione del campione testata in relazione al metodo del saggio impiegato.
- \* I medesimi risultati, inclusi i dati relativi ai controlli positivi (rapportati alla carta di controllo del laboratorio), in forma riepilogativa tabellare, devono essere comunque riportati e discussi nella Relazione tecnica.

Salvo specifiche indicazioni del metodo adottato, il sedimento intero o la frazione solida del sedimento deve essere saggata a fresco (non congelata, non essiccata né liofilizzata) prima possibile e comunque non oltre 15 giorni di conservazione a 4 – 6 °C al buio; la frazione liquida (acqua interstiziale o elutriato 1:4 p/v) deve essere preparata entro 10 giorni dal sedimento tal quale conservato a 4°C al buio e, se non saggata entro le 24 h dalla preparazione, conservata a -20°C fino al momento dell'analisi. I contenitori con la matrice di prova non devono presentare spazio d'aria. La batteria di minima deve essere composta da almeno 3 organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben distinti, scegliendo una delle combinazioni di cui alla Tabella 2.3 riportata nelle pagine seguenti: per ciascuna delle tipologie 1, 2 e 3 deve essere selezionato un saggio biologico a scelta tra quelli indicati con il segno "X". La combinazione deve essere la stessa per la totalità dei campioni previsti nell'ambito della medesima istruttoria.

A titolo esemplificativo una combinazione è la seguente:

- 1<sup>a</sup> tipologia: saggio sulla fase solida. Bioluminescenza con *Vibrio fischeri* su sedimento privato dell'acqua interstiziale;
- 2<sup>a</sup> tipologia: saggio su fase liquida. Inibizione di crescita algale con *Pheodactylum tricorutum* o *Dunaliella tertiolecta* o *Skeletonema costatum* su elutriato;
- 3<sup>a</sup> tipologia: saggio con effetti cronici/sub-letali/a lungo termine e di comprovata sensibilità. Embriotossicità con *Paracentotus lividus*, *Mytilus galloprovincialis* o *Crassostrea gigas* su elutriato.

In caso di sedimento con percentuali di sabbia/ghiaia (diametro > 0,063 mm) maggiori del 90%, in considerazione dei possibili falsi positivi o della impossibilità di eseguire il saggio, la prova su fase solida può essere sostituita con almeno un ulteriore saggio a scelta su fase liquida tra quelli indicati in Tabella 2.3 riportata qui di seguito come 2<sup>a</sup> tipologia.

Proposta ISPRA-ISS-CNR – Allegati Tecnici art 109, D.Lgs 152/06

**Tabella 2.3** – Saggi biologici utili per l’allestimento della batteria. Con la “x” vengono indicati i possibili saggi alternativi per ciascuna tipologia

Gruppo	Batteri		Alghe	Crosteacei				Molluschi Bivalvi		Echinodermi			
Specie	<i>Vibrio fischeri</i> (Bacteria)		<i>Dunaliella tertiolecta</i> <i>Pheodactylum tricorutum</i> <i>Skeletonema costatum</i> (Algae)	<i>Amphibalanus amphitrite</i> (Crustacea)	<i>Corophium spp</i> (Crustacea)	<i>Acartia tonsa</i> (Crustacea)		<i>Tigriopus fulvus</i> (Crustacea)	<i>Crassostrea gigas</i> (Bivalvia)	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Bivalvia)	<i>Paracentrotus lividus</i> (Echinodermata)		
Matrice	fase liquida	fase solida	fase liquida	fase liquida	Sed. intero	fase liquida	Sed. intero	fase liquida	fase liquida	fase liquida	fase liquida		
Endpoint	Bioluminescenza		Crescita algale	Mortalità	Mortalità	Mort. (48 h)	Mort. (7 gg)	Sviluppo larvale	Mortalità	Sviluppo larvale	Sviluppo larvale	Fecundazione	Sviluppo larvale
1 <sup>a</sup> tipologia		XA			XA			XC					
2 <sup>a</sup> tipologia	XA		XC	XA		XA			XA			XA	
3 <sup>a</sup> tipologia							XC			XC	XC		XC

A = saggio acuto

C = saggio cronico/a lungo termine/subcronico/risp. subletale

b) oltre il 90% dei campioni analizzati mostrino Tossicità  $\geq$  “alta” per l’intera batteria di saggi biologici impiegati;

c) debba essere confermata l’estensione della validità delle analisi di cui al Capitolo 2;

<b>Tossicità Assente</b>	☐☐	Tutti i saggi hanno EC20 > 100% o Effetto < 20% o effetto ormetico < 100%
<b>Tossicità Bassa</b>	☐☐	Solo un saggio presenta una EC20 < 100% ma EC50 > 100% o un effetto netto compreso tra 20 e 50% o un effetto ormetico > 100%
<b>Tossicità Media</b>	☐☐	Due o più saggi presentano EC20 < 100% ma EC50 > 100% o effetti compresi tra 20 e 50%, oppure un solo saggio con EC50 < 100% o effetto > 50%
<b>Tossicità Alta</b>	☐☐	Due o più saggi con EC50 < 100% o effetto > 50%

Figura 2.3.2.1 - Classificazione ecotossicologica tabellare ottenuto nell’ambito della batteria di saggi biologici utilizzata. L’effetto ormetico è esclusivamente riferito alla biostimolazione nei saggi algali.

## 2.4 Caratterizzazione e classificazione chimica

### 2.4.1 Caratterizzazione chimica

La caratterizzazione chimica di tutti i sedimenti dovrà essere effettuata in relazione ai seguenti parametri chimici.



Tabella 2.4 - Parametri chimici da analizzare

PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE <sup>1</sup>
METALLI E METALLOIDI	As, Cd, Cr <sub>tot.</sub> , Cr VI*, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V*, Al*, Fe*	0,03 mg kg <sup>-1</sup> (Cd, Hg); 1 mg kg <sup>-1</sup> (altri)
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3-c-d)pirene e loro sommatoria	1 µg kg <sup>-1</sup>
IDROCARBURI C>12*		5 mg kg <sup>-1</sup>
PESTICIDI ORGANOCOLORURATI	Clordano, Aldrin, Dieldrin, Endrin, α-HCH, β-HCH, γ-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro, epossido,	0,1 µg kg <sup>-1</sup>
POLICLOROBIFENILI	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria	0,1 µg kg <sup>-1</sup>
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro Sommatoria, (espressi come Sn organico)	1 µg kg <sup>-1</sup> (riferito alla singola sostanza)
CARBONIO ORGANICO TOTALE O SOSTANZA ORGANICA TOTALE		0,1%
SOMMAT. T.E. PCDD,PCDF (DIOSSINE E FURANI) E PCB DIOSSINA SIMILI*	Elenco di cui alle note della tabella 3/A di cui al D.lgs 172/2015	D.Lgs 172/2015

\* da considerare come sostanze aggiuntive di cui si presume la pericolosità ambientale e/o sanitaria. Nel caso in esame tali analisi non verranno eseguite a meno che di indicazioni differenti da parte degli Enti di Controllo.

Qualora il campione sia costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche possono essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di inquinamento.

I risultati delle analisi chimiche devono essere riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori. Le seguenti informazioni:

- \* percentuale di recupero rispetto a materiali standard certificati;
- \* limite di quantificazione (garantendo quelli di cui alla Tabella 2.4);
- \* incertezza estesa;
- \* valutazioni di QA/QC;

possono essere inserite sui medesimi rapporti o riportate nella Relazione tecnica. I medesimi risultati, in forma riepilogativa tabellare, devono essere riportati e discussi nella Relazione tecnica.

I Laboratori che parteciperanno alla gara dovranno essere accreditati per le analisi chimiche presso "ACCREDIA", l'Ente Italiano di Accreditamento, e dovranno essere in possesso dell'accreditamento per almeno l'80% delle prove chimiche elencate nella tabella 2.4 - Parametri chimici da analizzare.

<sup>1</sup> I limiti di quantificazione riportati sono considerati come obiettivi a cui tendere. Viene ritenuto accettabile un LOD fino al 30% del valore di L1 (tabella 2.5), analogamente a quanto previsto dalla WFD rispetto agli SQA. Valori diversi di LOD non invalidano il dato, ma condizionano negativamente la stima del pericolo chimico HQ



## 2.4.2 Caratterizzazione chimica dei materiali

La classificazione chimica dei materiali è basata sui livelli chimici di riferimento (L1 e L2), di cui alla Tabella 2.4 riportata qui di seguito.

Qualora per le analisi ecotossicologiche siano stati applicati i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B, si dovrà seguire il medesimo criterio anche per le analisi chimiche, la cui procedura è descritta in **Appendice 2C** allegata alla presente. Il tool applicativo per eseguire automaticamente tale elaborazione dei dati è scaricabile dal sito istituzionale dell'ISPRA.

Qualora non siano stati utilizzati i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B per le analisi ecotossicologiche, i risultati delle analisi chimiche devono essere confrontati con i Livelli chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5 riportata nella pagina seguente.

Tabella 2.4 – Livelli chimici di riferimento nazionali

PARAMETRO	L1	L2
<b>Elementi in tracce</b>	<b>[mg kg<sup>-1</sup>] p.s.</b>	
Arsenico	12	20
Cadmio	0,3	0,80
Cromo	50	150
Cr VI	2	2
Rame	40	52
Mercurio	0,3	0,80
Nichel	30	75
Piombo	30	70
Zinco	100	150
<b>PARAMETRO</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>
<b>Contaminanti organici</b>	<b>[µg kg<sup>-1</sup>] p.s.</b>	
Composti organostannici	5 <sup>(1)</sup>	72 <sup>(2)</sup>
Σ PCB <sup>(3)</sup>	8	60
Σ DDD <sup>(4)</sup>	0,8	7,8
Σ DDE <sup>(4)</sup>	1,8	3,7
Σ DDT <sup>(4)</sup>	1,0	4,8
Clordano	2,3	4,8
Aldrin	0,2	10 <sup>7</sup>
Dieldrin	0,7	4,3
Endrin	2,7	10
α-HCH	0,2	10 <sup>7</sup>
γ-HCH	0,2	10 <sup>7</sup>
γ-HCH (Lindano)	0,2	1,0
Eptacloro epossido	0,6	2,7
HCB	0,4	50 <sup>7</sup>
Idrocarburi C>12	Non disponibile	50000
Σ IPA(16)(5)	900	4000
Antracene	24	245
Benzo[a]antracene	75	500
Benzo[a]pirene	30	100
Benzo[b]fluorantene	40	500 <sup>7</sup>
Benzo[k]fluorantene	20	500 <sup>7</sup>
Benzo[g,h,i]perilene	55	100 <sup>7</sup>
Crisene	108	846



Indenopirene	70	100 <sup>7</sup>
Fenantrene	87	544
Fluorene	21	144
Fluorantene	110	1494
Naftalene	35	391
Pirene	153	1398
Σ T.E. PCDD,PCDF (6) (Diossine e Furani) e PCB diossina simili	2 x 10 <sup>-3</sup>	1 X 10 <sup>-2*</sup>

(1) riferito al solo TBT

(2) riferito alla sommatoria di MBT, DBT, TBT Espresso come Sn organico totale;

(3) come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180;

(4) come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4;

(5) come sommatoria dei 16 IPA di maggior rilevanza ambientale indicati dall'USEPA (Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene;

(6) L'Elenco dei congeneri e relativi Fattori di Tossicità Equivalenti (EPA, 1989) e l'elenco congeneri PCB Diossina simili (WHO, 2005) e quello riportato alle note della tabella 3/A di cui al D.Lgs.172/2015.

(7) Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso;

\* relativa alla sommatoria di PCDD e PCDF

## 2.5 Caratterizzazione fisica

La descrizione delle caratteristiche fisiche è riportata nella seguente Tabella 2.5.1

Tabella 2.5.1 – Parametri fisici e relative specifiche

PARAMETRI FISICI		UNITÀ DI MISURA
DESCRIZIONE MACROSCOPICA	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica	-
GRANULOMETRIA	Frazioni granulometriche al 1/2φ Dove φ = -log <sub>2</sub> (diametro in mm/diametro unitario in mm)	%

La descrizione macroscopica deve essere riportata nella "scheda di campo", di cui al paragrafo 2.2.2, assieme ai dati di campo ritenuti più significativi. Nella Relazione tecnica devono essere riportate le principali classi granulometriche per ciascun campione analizzato, ovvero:

- \* ghiaia (> 2 mm);
- \* sabbia (2 mm < x < 0,063 mm);
- \* pelite (silt: 0,063 mm < x < 0,004 mm + argilla: < 0,004 mm).

**Il progettista**  
**Dirigente della DTN**  
**Ing. Alessandro Meloni**