

Comune di Alghero

(Provincia di Sassari)

Lavori di " *Ripristino funzionale dei fondali del porto canale di Fertilia*"
Campagna di indagini per il prelievo e la caratterizzazione dei sedimenti marini delle aree interessate dalle previste escavazioni

Lithos S.r.l. - Via Municipale, 92 - Tissi (SS) - tel./fax 0792678014 - cell. 3463514050 - e-mail: geo.lithos@gmail.com

Tavola:

A_01

Elaborato:

Piano di indagini

Pratica:

Revisione:

01

Data:

Apr. 2017

Committente:

CITTÀ DI ALGHERO
Settore II - Sviluppo del territorio
Servizio OO.PP.

Consulenza:

Lithos S.r.l.
Dott. geol. Alessandro Muscas



LITHOS s.r.l.
L'Amministratore Unico
Dott.ssa Geol. Benedetta Dettori

SOMMARIO

1. SCHEDA DI INQUADRAMENTO DELL'AREA DI ESCAVO.....	5
1.1 INFORMAZIONI GENERALI SULL'UBICAZIONE DELL'AREA DI ESCAVO	5
1.1.1 <i>Indicazioni del "tipo" di area</i>	5
1.1.2 <i>Breve descrizione delle caratteristiche generali dell'ambiente circostante l'area di escavo e periodo di riferimento delle informazioni</i>	5
1.2 ANALISI DELLE PRINCIPALI PRESSIONI CHE INSISTONO SULL'AREA.....	6
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.	7
1.4 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE IDRODINAMICHE E CHIMICO-FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	7
1.4.1 <i>Strumentazione utilizzata e parametri acquisiti</i>	8
1.4.2 <i>Esiti del Monitoraggio</i>	12
1.5 INFORMAZIONI SULLE ATTIVITÀ DI ESCAVO PREGRESSE.....	15
1.6 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE MORFO-BATIMETRICHE E SULLE CARATTERISTICHE DEI FONDALI	15
1.7 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE CHIMICHE DEI SEDIMENTI DELL'AREA DI ESCAVO.....	16
1.8 INFORMAZIONI SUGLI ORGANISMI ANIMALI E VEGETALI DELL'AREA DI ESCAVO.....	17
1.9 INFORMAZIONI PREGRESSE SULLE ATTIVITÀ DI IMMERSIONE/UTILIZZO	19
1.10 INFORMAZIONI SULLE PRECEDENTI ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	19
1.11 PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI ESCAVO E GESTIONE DEI MATERIALI	19
1.12 RIDUZIONE DELLE FONTI DI INQUINAMENTO	19
1.13 INFORMAZIONI SULLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA DI ESCAVO	19
2. CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI DELL'AREA DI ESCAVO DI FONDALI MARINI.....	22
2.1 PERCORSI DI CARATTERIZZAZIONE.....	22
2.1.1 <i>Disegno di campionamento</i>	22
2.1.2 <i>Stazioni di campionamento</i>	22
2.2 MODALITÀ DI PRELIEVO, CONSERVAZIONE ED ANALISI DEI CAMPIONI.....	23
2.2.1 <i>Procedure di campionamento</i>	23

2.2.2	<i>Preparazione del campione</i>	25
2.2.3	<i>Accorpamento campioni</i>	26
2.2.4	<i>Conservazione del campione</i>	27
2.2.5	<i>Qualità del dato</i>	28
2.2.6	<i>Relazione tecnica</i>	29
2.3	CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE ECOTOSSICOLOGICA	30
2.3.1	<i>Batteria di saggi biologici</i>	30
2.3.2	<i>Classificazione ecotossicologica</i>	31
2.4	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA	32
2.5	CARATTERIZZAZIONE FISICA.....	33

ALLEGATI

01 - AREA DI ESCAVO E PROGETTO DI CAMPIONAMENTO IN STAZIONI UNITARIE

02 - PROGETTO DI CAMPIONAMENTO IN STAZIONI UNITARIE - AREA VASTA

03 - CARTA DEI VINCOLI

04 - CAMPIONAMENTI AMBIENTALI E AREA DI ESCAVO ANNO 2000

05 - RILIEVO BATIMETRICO

06 - RAFFRONTO BATIMETRICO

07 – LAYOUT DI CANTIERE

APPENDICE 2A

APPENDICE 2B

PREMESSA

La Giunta Regionale, con deliberazione n. 47/57 del 30.12.2010, avente ad oggetto la "L.R. n. 5/2009, Art. 5 - Programma di interventi di infrastrutturazione e servizi correlati allo sviluppo delle attività produttive" ha previsto uno stanziamento complessivo di € 7.000.000,00, per l'attuazione di interventi di portualità turistica.

Successivamente la Giunta, con deliberazione n. 43/27 del 27.10.2011, nel dare attuazione a quanto previsto nella richiamata D.G.R. n. 47/57 del 30.12.2010 ha approvato lo schema dell'Accordo di Programma Quadro "Portualità Turistica Regionale" - poi sottoscritto in data 24.04.2012 - che prevede l'esecuzione di 10 interventi portuali, da attuarsi a cura diretta dell'Assessorato Regionale dei Lavori Pubblici ovvero tramite loro affidamento agli Enti locali competenti con appositi atti convenzionali (secondo quanto previsto dall'art. 6, commi 12 e 13 della L.R. n° 5/2007), volti al miglioramento delle infrastrutture portuali interessate sia in termini di incremento della loro sicurezza, sia in termini di maggior competitività/attrattività turistica.

Fra gli interventi succitati è ricompreso anche quello, oggetto del presente documento, denominato "Lavori di ripristino funzionale dei fondali del porto canale di Fertilia" nel Comune di Alghero, dell'importo complessivo di € 1.000.000,00, di cui è prevista l'attuazione a cura diretta dell'Amministrazione Comunale di Alghero.

Quest'ultima, con Determinazione Dirigenziale n°2096 del 11.10.2016, ha conferito in affidamento diretto alla Società Lithos S.r.l. l'incarico per la progettazione e direzione 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 "Ripristino funzionale dei fondali del porto canale di Fertilia".

Il Porto di Fertilia è definito, ai sensi del punto a), del comma 1 dell'Art. 2 del D.P.R. n. 509 del 2 dicembre 1997, come "porto turistico" come meglio precisato dal punto che si riporta:

a) il «porto turistico», ovvero il complesso di strutture amovibili ed inamovibili realizzate con opere a terra e a mare allo scopo di servire unicamente o precipuamente la nautica da diporto ed il diportista nautico, anche mediante l'apprestamento di servizi complementari.

La caratterizzazione dei sedimenti marini si è resa necessaria in relazione alle possibili "opzioni di gestione" dei materiali provenienti dal dragaggio per il ripristino funzionale dei fondali che, in via privilegiata, dovrebbero essere possibilmente riutilizzati nei ripascimenti o reimmessi deliberatamente in mare o in ambiti ad esso contigui, prima di valutare opzioni di smaltimento, come regolato dal 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 in mare del materiale derivante 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).

1. SCHEDE 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 Porto turistico di Fertilia ed avrà, in funzione di differenti scelte progettuali, una estensione massima di circa 37.000 mq dal quale si presume che i volumi di escavo possano risultare compresi tra i 20.000 e i 40.000 mc. 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 II", 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 1:2.000 ed è riportata in allegato (vedi "01 - Disegno di campionamento in stazioni unitarie con area escavo"). 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.

1.1.2 Breve descrizione delle caratteristiche generali dell'ambiente circostante l'area di escavo e periodo di riferimento delle informazioni

Il porto turistico di Fertilia è ubicato all'interno dei limiti comunali di Alghero in un tratto di costa occidentale dell'Isola, in corrispondenza dell'omonima Frazione, e si trova all'imboccatura del canale che collega lo stagno di Calich alla rada di Alghero. Il porto è stato realizzato, in più interventi successivi, dall'Amministrazione Regionale, ed è costituito da uno specchio acqueo allungato protetto a sud da un molo di sopraflutto ad andamento rettilineo articolato in due bracci, entrambi banchinati in fregio, e ad est da un molo di sottoflutto, anch'esso ad andamento rettilineo, a cui è ridossato un pontile a giorno. Lo specchio acqueo portuale ospita diversi pontili galleggianti, disposti parallelamente alla linea di riva occidentale.

Le informazioni sull'area portuale, oltre che da documenti bibliografici, sono tratte dalla documentazione presente negli archivi dell'Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Sardegna circa gli interventi di dragaggio eseguiti storicamente all'interno dello stesso porto.

Da un punto di vista ambientale sono da segnalare le pubblicazioni inerenti le "Indagini sullo stato trofico dello stagno del Calich - Campagna 2015", informazioni che consentiranno, in sede progettuale, un opportuno confronto per valutare eventuali modificazioni qualitative in relazione all'escavo portuale. Maggiori informazioni possono essere tratte al seguente link:

<http://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=612&s=326332&v=2&c=4581&idsito=21>

1.2 ANALISI DELLE PRINCIPALI PRESSIONI CHE INSISTONO SULL'AREA

Nella seguente tabella vengono riportati in forma tabellare la tipologie delle pressioni antropiche che insistono nel contesto ambientale in cui è inserito il Porto di Fertilia 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*	Attigua al porto nel lato orientale è presente una spiaggia con stabilimento balneare.	M
	INDUSTRIALE	Cantiere nautico	M
	COMMERCIALE	---	---
	PASSEGGERI	---	---
	DIPORTO	Presenza stabile di nautica da diporto	E
	PESCA E ACQUACOLTURA	Presenza stabile di un numero variabile da uno a tre pescherecci, più piccole imbarcazioni da pesca.	B-N
	ALTRO	Impianto di depurazione di San Marco	E
	Natura e ubicazione delle pressioni	La maggiore pressione antropica è quella relativa alla nautica da diporto che si svolge al suo interno nonché a quella indiretta relativa al fatto che lungo il canale portuale defluiscono le acque in uscita dallo Stagno del Calich che riceve, a sua volta, le acque di depurazione dell'impianto di San Marco. Si ritengono marginali le altre pressioni antropiche che insistono nel porto turistico di Fertilia.	
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 di idrocarburi accidentali o relativi 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 Porto di Fertilia sono stati identificati:

- Zone di Protezione Speciale- ZPS ITB013044 "Capo Caccia". Classificazione ai sensi della Direttiva 79/409/CEE - Deliberazione G.R. 9/17 del 07 marzo 2007;
- Stagno del Calich - Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura;
- Prateria di posidonia - Direttiva Habitat 92/43/CEE del 21 maggio 1992;
- Spiaggia di San Giovanni e di Maria Pia – Aree vincolate ex Art.136 L.1497/39.

Nella planimetria allegata "03 – Carta dei vincoli" in scala 1:10.000, sono riportati i limiti delle aree vincolate ed un rilievo fotosatellitare degli attuali limiti della prateria di Posidonia oceanica in prossimità dell'area portuale.

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

Per le attività di monitoraggio delle acque all'interno del porto di Fertilia, la Lithos S.r.l., come da indicazioni contrattuali, ha installato due distinte sonde multiparametriche, collocate in modo da monitorare un ampio fronte in prossimità di tutte le aree d'intervento. I punti di monitoraggio prescelti sono in evidenza nell'inquadramento sotto riportato.



Posizionamento su foto aerea dei punti di monitoraggio all'interno del porto di Fertilia

Le attività di monitoraggio in continuo della colonna d'acqua per i parametri richiesti, nei due punti d'installazione delle sonde, sono iniziate in data 23.01.2017 e si sono concluse in data 06.02.2017 con la rimozione definitiva dei dispositivi. Tale periodo ha rappresentato la fase di "bianco", attività prodroma all'inizio delle lavorazioni all'interno della darsena e necessaria per i confronti dei parametri rilevati.

1.4.1 Strumentazione utilizzata e parametri acquisiti

Per ottemperare alle prescrizioni sopra riportate, in corrispondenza dei punti definiti in precedenza ed esterni all'area dei lavori, 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 laboratorio.

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 7 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, come accennato, sulla base della prevista area di dragaggio e della particolare conformazione del Porto di Fertilia, sbocco a mare dello Stagno del Calich.

La sonda 1, la cui profondità media di rilevamento è stata di circa -2,30 metri dal l.m.m. con oscillazioni di circa 40/50 cm, è stata collocata in corrispondenza del piccolo molo interno, a destra appena dopo il ponte, mentre la sonda 2 è stata posizionata nell'angolo sud della darsena, in corrispondenza del molo galleggiante esterno di uscita del porto, a una profondità media di circa -1,75 metri dal l.m.m. con oscillazioni di circa 50 cm. Le coordinate in WGS84 dei punti di monitoraggio, così come visibile nelle tabelle allegate, relative ai due punti di monitoraggio, sono:

Sonda 1	N 40° 35' 41,68"	E 8° 17' 12,57"
----------------	-------------------------	------------------------



Posizione punto di monitoraggio Sonda S1

Sonda 2	N 40° 35' 30,95''	E 8° 17' 20,06''
---------	-------------------	------------------



Posizione punto di monitoraggio Sonda S2

Come mostrato dall'ubicazione dei dispositivi, la loro posizione è stata ritenuta significativa al fine di valutare correttamente la possibile influenza, con i volumi di acqua antistanti, con le operazioni di dragaggio derivante dalle attività all'interno della darsena.

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.

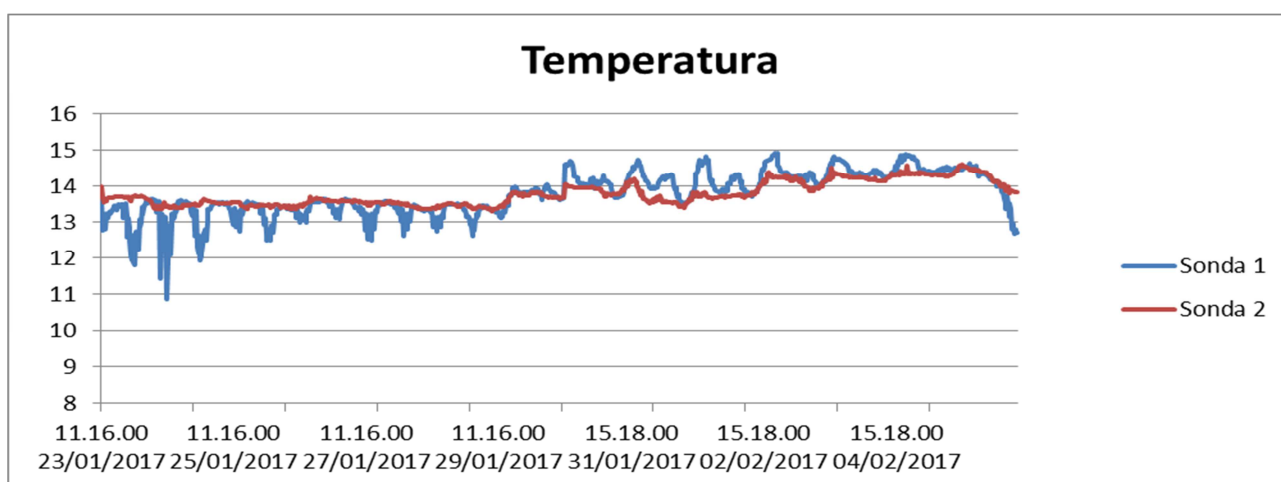
L'acquisizione dei dati, impostata con un intervallo di 20 minuti, è avvenuta in continuo dal 23/01/2017 al 06/02/2017 con una breve interruzione di alcune ore il 30/01/2017 per consentire la registrazione dei dati rilevati e la ricarica della batteria interna della sonda.

1.4.2 Esiti del Monitoraggio

In relazione ai parametri sopra indicati, i valori misurati durante il periodo di “bianco” sono stati i seguenti:

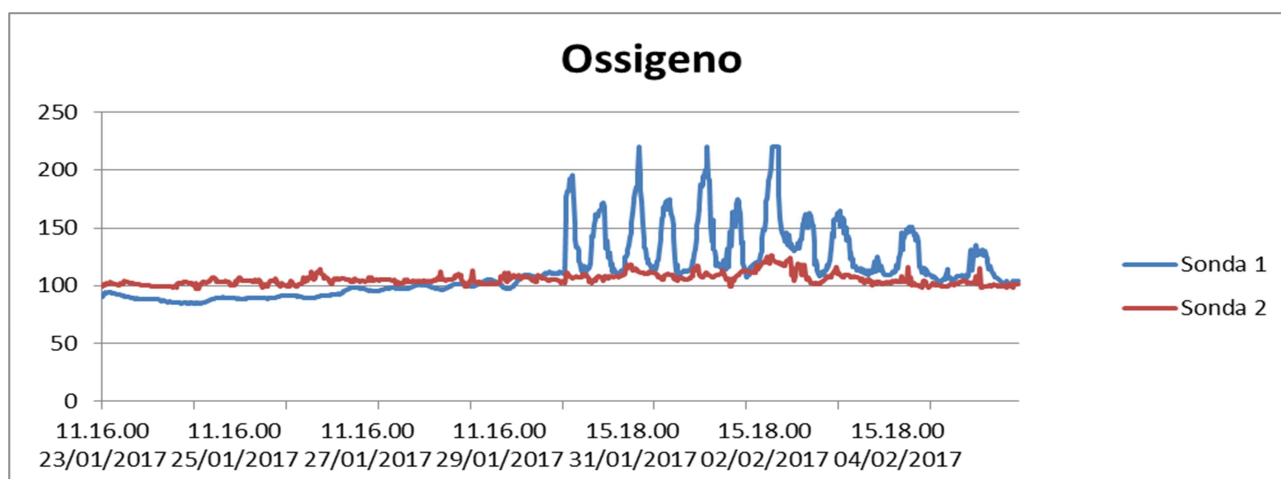
TEMPERATURA

L'andamento delle temperature, in corrispondenza dei punti di monitoraggio, mostra un andamento praticamente costante per entrambe le sonde, senza variazioni apprezzabili in termini di minimi e massimi, a causa della durata relativamente breve del periodo di bianco. Le medie delle due sonde coincidono e si attestano sul valore di 13,79°C. Da rilevare che la sonda posizionata all'interno del canale, vicino allo stagno (S1) ha subito maggiori oscillazioni rispetto a quella collocata nel molo galleggiante sud (S2).



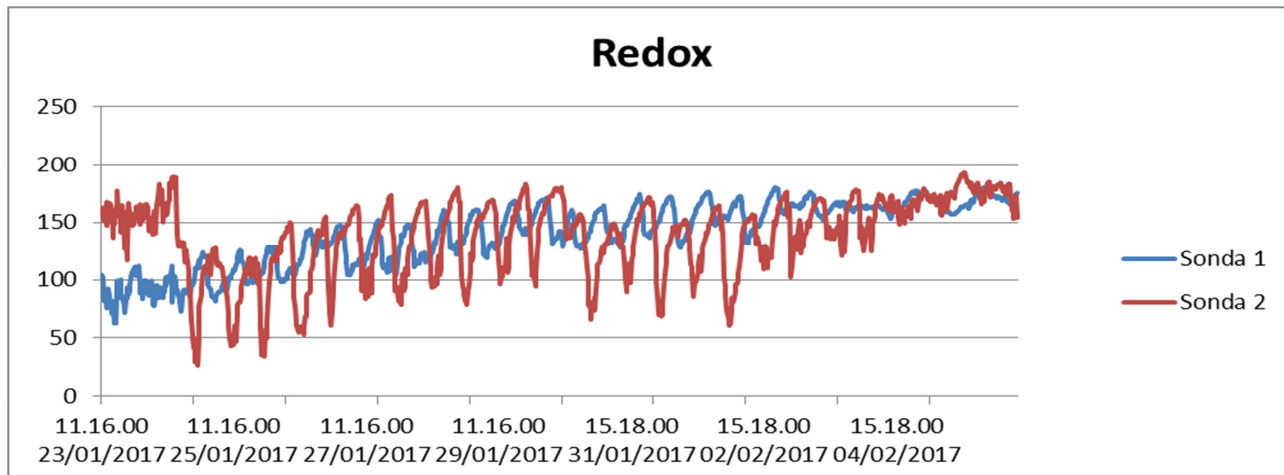
OSSIGENO DISCIOLTO

L'ossigeno disciolto, misurato come percentuale, si mantiene in linea di massima stazionario per le due sonde, almeno per la prima settimana di registrazioni. Sono stati apprezzati, però, importanti oscillazioni per la sonda 1, come si nota dal grafico allegato, ma tendenzialmente i valori medi delle due sonde sono rimasti, tra loro, coerenti, facendo registrare un valore percentuale di 113,70 nella S1 e di 105,37 nella S2.



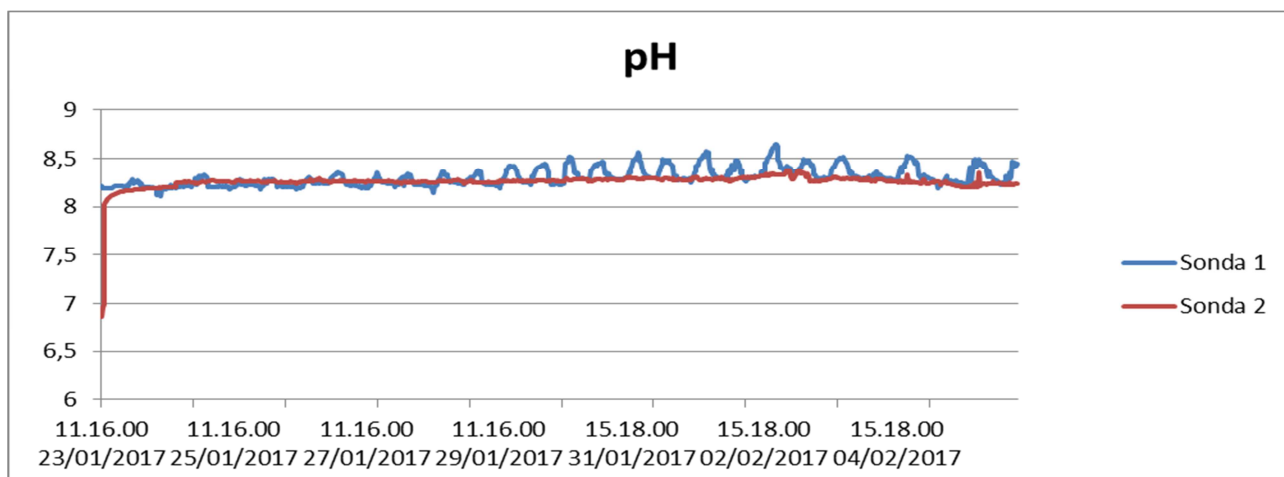
POTENZIALE REDOX

La distribuzione dei valori misurati nel periodo di bianco del potenziale redox è risultata condizionata da oscillazioni giornaliere della sonda 1, rispetto alla sonda 2, più regolare, benché le medie registrate per i due dispositivi siano state di 139,8 mV e di 138,4 mV rispettivamente.



PH

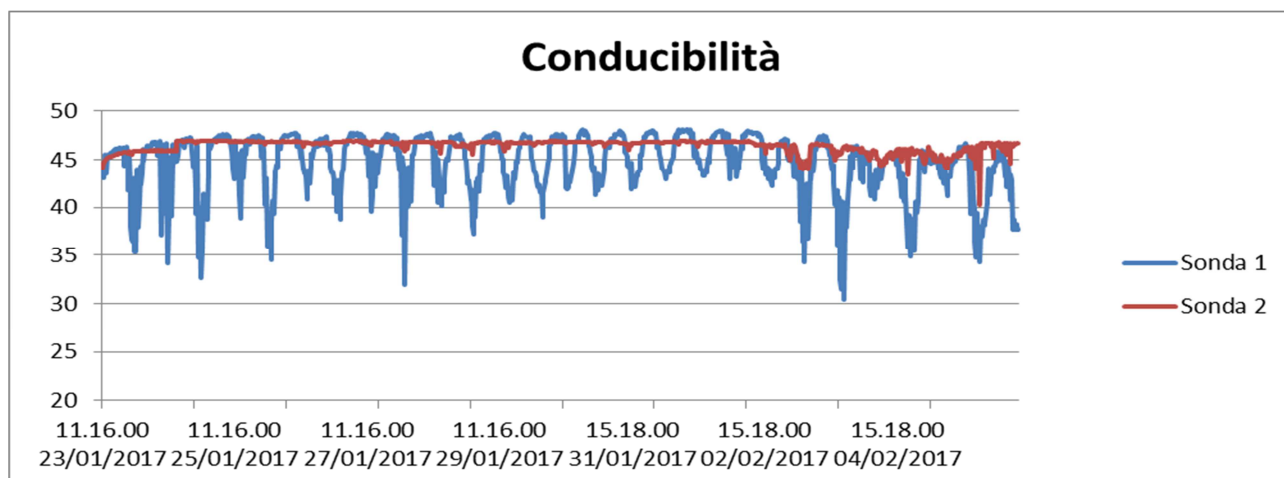
I valori del pH sono rimasti pressoché costanti tra le medie nel periodo del bianco (S1 pH 8,302; S2 pH 8,255), con maggiori oscillazioni giornaliere in evidenza nella sonda interna al canale S1, rispetto a quella collocata in prossimità del pontile esterno S2.



CONDUCIBILITÀ

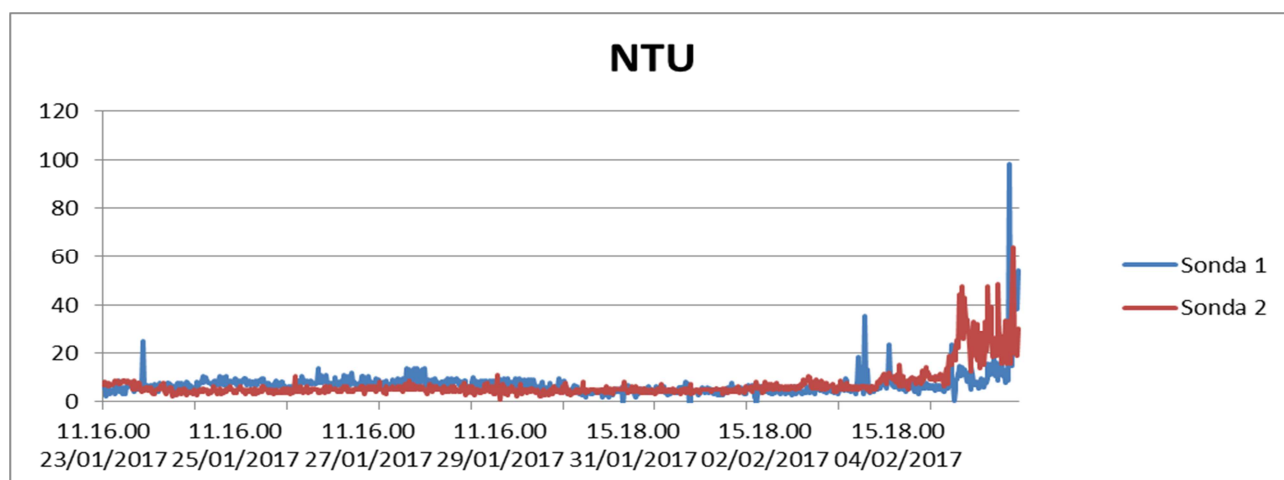
L'andamento dei valori della conducibilità, nella media per un'acqua di mare per entrambe le sonde, non ha rilevato sostanziali variazioni, rimanendo pressoché costanti per la sonda 2. La sonda 1 ha registrato variazioni periodiche significative in relazione alla sua posizione interna,

rispetto alla S1 ma le medie delle due sonde non si discostano di molto, oscillando tra valori di 44,683 mS per la prima e 46,408 mS per la seconda.



TORBIDITÀ

I valori nefelometrici relativi alla misura della torbidità delle acque del porto di Fertilia, misurati durante il periodo di due settimane di “bianco” restituiscono un quadro di relativa coerenza tra i valori registrati all'interno del canale e quelli riferiti al molo galleggiante posto all'uscita del porto. Le medie registrate dai dispositivi, 7,02 (S1) e 7,2 (S2), esprimono valori abbastanza bassi e riferiti a una scarsa quantità di materiale in sospensione. Gli andamenti di entrambe le sonde multiparametriche hanno comunque messo in evidenza gli aumenti della torbidità relativa all'aumento dell'intensità del vento, e del conseguente moto ondoso, degli ultimi tre giorni di monitoraggio, in cui, rispetto all'inizio del periodo di bianco, si sono registrate le maggiori velocità (33-39 km/h). Risulta opportuno sottolineare che i valori registrati sono direttamente collegati anche all'attività nautica all'interno del canale e della darsena, molto limitata in questo periodo dell'anno.



1.5 INFORMAZIONI SULLE ATTIVITÀ DI ESCAVO PREGRESSE

Il Porto di Fertilia era stato oggetto di un precedente intervento di dragaggio per l'approfondimento del canale portuale eseguito tra febbraio e ottobre dell'anno 2000 dalla ditta CO.ED.MAR S.r.l. per conto della Regione Sardegna. I volumi di dragaggio, come risultano dalla documentazione amministrativa archiviata, ammonterebbero a complessivi 21.543 mc. Nella planimetria allegata "04 - Campionamenti ambientali e area di escavo anno 2000" può essere osservata l'area di escavo progettuale.

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

Le informazioni sulle caratteristiche morfo-batimetriche storiche sono state dedotte dalla "Planimetria di prima pianta" allegata al progetto di escavo dell'anno 2000. Inoltre, tra gli elaborati progettuali è stata rinvenuta la planimetria dell'area di escavo prevista dal progetto piuttosto che, come sarebbe stato maggiormente indicativo, la "Planimetria di seconda pianta" relativa alla morfologia dopo l'esecuzione dell'escavo.

Da tali planimetrie si dovrebbe dedurre che il Porto di Fertilia sia stato dragato quasi interamente sino alla batimetrica di -3,00 m dal l.m.m..

In relazione al presente progetto, in data 17.11.2016, sono stati eseguiti i rilievi batimetrici di tutta l'area portuale eseguiti con la seguente strumentazione:

➤ **Sistema di Posizionamento DGPS-RTK**

Per il posizionamento di precisione durante le operazioni di rilievo in mare è stato utilizzato il sistema di posizionamento satellitare Trimble Marine SPS-855 GNSS Receiver, con precisione centimetrica in planimetria ed in quota. Tale sistema viene utilizzato interfacciato via modem alla rete Geodetica SARNET, operativa in Sardegna entro le 12 miglia dalla costa, con operatività tipica del sistema RTK. I livelli di precisione ottenibili nel rilievo sono:

- Orizzontale: 10 mm
- Verticale: 20 mm

➤ **Strumentazione idrografica**

È stato utilizzato un Sonar singlebeam (SB) Reson Navisound 210 con segnale digitale e frequenza operativa di 200kHz.

➤ **Software**

Per l'acquisizione ed il processing dei dati batimetrici è stato utilizzato il software Reson PDS 2000. In allegato è riportata la planimetria dello stato attuale (05 - Rilievo batimetrico).

È stato inoltre eseguito un confronto tra le batimetriche relative alle condizioni post-dragaggio eseguito nell'anno 2000 e le condizioni attuali. Come può essere osservato dalla cartografia allegata (06 - Raffronto batimetrico), il colore dal "giallo" al "verde chiaro" evidenzia le aree rimaste sostanzialmente stabili rispetto all'originaria quota di dragaggio di -3,00 m dal l.m.m., il colore "rosso" le aree che hanno avuto una escavazione e i toni del "blu" dove invece ci sono stati importanti accumuli. In questa tavola non viene mostrata l'imboccatura del porto poiché nel 2000 non era stata dragata né erano stati effettuati rilievi batimetrici.

L'analisi mostra un deciso accumulo di sedimenti in corrispondenza dell'imboccatura del porto confermato anche dai rilievi batimetrici e dai resoconti dei proprietari di imbarcazioni che, nel tempo, hanno notato una maggiore difficoltà all'ingresso in porto.

Il porto, sul lato occidentale, ha mantenuto le quote di dragaggio del 2000 mentre sul lato orientale si possono segnalare diminuzioni di quote batimetriche comprese tra i 0,60 e 1,20 rispetto alla quota di progetto.

I fondali destinati al dragaggio dovrebbero risultare tutti costituiti da sedimenti sciolti sabbioso-limosi. I fondali rocciosi, pur affioranti nel lato occidentale dell'area portuale, non parrebbero interessare l'area di escavo. Tali fondali rocciosi non sono stati segnalati neanche durante il dragaggio dell'anno 2000.

I "Lavori di ripristino funzionale dei fondali del porto canale di Fertilia", oggetto della presente caratterizzazione, ricalcando per gran parte il dragaggio già eseguito, non dovrebbe intercettare substrati lapidei.

Da un punto di vista tessiturale e mineralogico i sedimenti di dragaggio dovrebbero risultare costituiti in prevalenza da sabbie a granulometria medio-fine prevalentemente calcaree con una percentuale in silt abbastanza limitata. È probabile invece una forte presenza organica relativa alla decomposizione delle foglie di posidonia intercalate ai sedimenti. Non sono state rinvenute notizie storiche relative alle principali caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti.

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

Le informazioni pregresse relative alle caratteristiche chimiche dei sedimenti dell'area di escavo risalgono ad un periodo compreso tra aprile e settembre 1999, per cui non utilizzabili per usufruire di procedure semplificate. Inoltre tali analisi sono state effettuate su un numero di elementi ristretto con metodiche di analisi non compatibili con le attuali disposizioni previste dall'allegato tecnico del Decreto 15 luglio 2016, n. 173.

Si ritiene comunque opportuno riepilogare le indagini eseguite e gli esiti. In data 21.04.1999 sono stati eseguiti 8 sondaggi con carotatrice manuale che sono andati a costituire 5 campioni di

sedimento. In data 21.09.1999 è stato eseguito un ulteriore sondaggio per la costituzione di un unico campione. Nella planimetria allegata "04 - Campionamenti ambientali e area di escavo anno 2000" viene riportata l'ubicazione di tali sondaggi.

Gli esiti delle analisi chimiche allora eseguite, confrontate con i valori "L1" e "L2" riportati nella "Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali" del citato allegato, evidenzia, per i parametri esaminati, nessun elemento di criticità, risultando tutti inferiori ai limiti "L1".

1.8 INFORMAZIONI SUGLI ORGANISMI ANIMALI E VEGETALI DELL'AREA DI ESCAVO

Non sono noti dati bibliografici relativi alle principali comunità bentoniche o alla fauna ittica presenti specificatamente all'interno del Porto di Fertilia. Si riportano invece le informazioni relative allo Stagno del Calich poiché si può affermare che le attività antropiche che si svolgono nel canale portuale possono avere influenza sulla vegetazione acquatica presente all'interno dello stagno o sulla sua fauna ittica, essendo il porto stesso lo sbocco a mare dello stagno.

La vegetazione sommersa dello stagno del Calich è presente con enormi quantità di biomassa, popolate da un elevato numero di animali planctonici e bentonici. Le macrofite più diffuse nella laguna del Calich sono rappresentate da *Ruppia cirrhosa*, tipica delle acque salmastre poco profonde, con scarso ricambio e con forti escursioni di salinità tra estate e inverno. Si tratta di piante con sottili fusti allungati e ramificati e con foglie dotate di una caratteristica guaina più o meno rigonfia.

I popolamenti a *Ruppia* si associano a macroalghe quali *Enteromorpha intestinalis*, *Enteromorpha compressa* e *Chaetomorpha aerea*, formando così un'associazione denominata Chaetomorpha-Ruppium.

Il proliferare di queste macroalghe, insieme ad altre come *Lamprothamnium papulosum*, *Cladophora vagabunda* e *Ulva rigida*, che coincide con la presenza abbondante di nutrienti, può portare anche a gravi fenomeni di anossia a danno della fauna. Infatti, lo sviluppo di biomassa, favorito dall'insolazione e dall'elevata temperatura delle acque, deriva dai nutrienti che provengono in massima parte dal bacino imbrifero e che si accumulano nei sedimenti. Tali fattori, che portano all'instaurazione dei processi eutrofici, aumentano nell'ambiente lagunare a causa delle basse profondità.

Importante anche la fauna ittica. Tra queste i muggini, fortemente eurialini ed euritermi, la cui riproduzione li spinge verso mare durante il secondo-terzo anno di età, quando cioè raggiungono la maturità sessuale. Tra le tante specie che popolano la laguna (*Liza ramada*, *Liza aurata*, *Liza saliens*, *Chelon labrosus*) la più rappresentativa è il muggine volpino (*Mugil cephalus*), catturato in grandi quantità dai pescatori durante tutto l'arco dell'anno.

L'orata (*Sparus auratus*) è un'altra specie che necessita del ritorno a mare per la riproduzione. È un ermafrodita proterandrico, ossia presenta le gonadi di entrambi i sessi, che maturano però in modo successivo, prima quelle maschili, poi quelle femminili. Dopo la riproduzione, molti avannotti migrano nella laguna a partire da febbraio.

Il sarago reale (*Diplodus sargus*) e lo sparlotto (*Diplodus annularis*), detto anche sparaglione, sono due specie molto simili tra loro, appartenenti alla famiglia degli sparidi, che si differenziano per il numero di striature sul dorso: nel sarago interessano l'intera superficie corporea, mentre lo sparlotto presenta la sola macchia nera sull'attaccatura della coda, tipica di questa famiglia.

La spigola (*Dicentrarchus labrax*) è una specie predatoria ai vertici delle catene alimentari delle acque salmastre. La riproduzione avviene nei mesi invernali, esclusivamente in acque marine, e la rimonta degli avannotti avviene intorno ai mesi di aprile-maggio. Oltre ad essere eurialina, è fortemente euriterma e per questo non necessita di un periodo di svernamento in mare, come invece accade per l'orata.

Un'altra specie oggetto di pesca è la sogliola (*Solea vulgaris*), animale bentonico che di giorno vive nascosto nella sabbia, mentre di notte si sposta alla ricerca delle prede.

L'anguilla (*Anguilla anguilla*) viene catturata nel momento in cui abbandonano la laguna, durante la notte in condizioni di totale oscurità, a causa delle sue abitudini prettamente notturne.

Lo stato ecologico della prateria di Posidonia oceanica relativa alla "Rada di Alghero" è ritenuta più che soddisfacente. In tale arco di costa, della lunghezza di 14 km, sono presenti diverse spiagge. Fra queste, particolare rilievo assume il lido di Alghero che si sviluppa per circa 4,5 km, separando la retrostante laguna del Calich dal litorale marino. La prateria stabilisce il suo limite superiore quasi sempre al di sopra dell'isobata dei 5 metri e si sviluppa verso il largo fino a circa 35 metri di profondità. La distanza lineare del limite superiore dalla costa si mantiene entro i 100 metri frontalmente alle coste rocciose, mentre raggiunge i 250-300 metri nei tratti prospicienti le spiagge.

Mediamente, la prateria è divisa per tutta la sua estensione da una soluzione di continuità che corrisponde al paleo alveo degli attuali immissari della laguna che risale all'ultimo stadio glaciale (Wurm). Nella porzione distale del paleo alveo, che assume una forma riconducibile a un delta, si riscontra buona parte del limite inferiore della prateria e, lungo il corso del paleo alveo (circa 5 km), si può talvolta osservare la natura erosiva, con salto di matre, dei margini della prateria stessa.

In allegato viene riportata la cartografia in scala 1:10.000 dell'attuale mappatura della Posidonia oceanica nella parte più prossima all'imboccatura del Porto di Fertilia (vedi "03 - Carta dei vincoli").

1.9 INFORMAZIONI PREGRESSE SULLE ATTIVITÀ DI IMMERSIONE/UTILIZZO

Nell'area d'interesse e più precisamente nel tratto di spiaggia prospiciente il "Palazzo dei Congressi" della spiaggia di Maria Pia, posto ad est dell'imboccatura del Porto di Fertilia, **nei primi anni 2000** è stata effettuata una operazione di ripascimento nella porzione di spiaggia sommersa più prossima alla linea di riva utilizzando le sabbie litorali provenienti dagli scavi per la realizzazione del lungomare di Alghero. Le successive mareggiate di libeccio hanno ben presto distribuito i sedimenti in un'area vasta senza apprezzabili effetti sull'estensione della spiaggia emersa.

Nell'attigua spiaggia di Punta Negra, nel maggio 2004, un'importante mareggiata di libeccio aveva prodotto la completa asportazione della porzione di spiaggia emersa. Nel giugno 2004 veniva eseguita, nello stesso luogo, una operazione di ripascimento del litorale mediante sorbonatura delle sabbie presenti nella porzione di spiaggia sommersa trasportate direttamente nella parte di spiaggia emersa.

L'operazione di ripascimento ottenne i risultati attesi e rimasero tali sino a quando, negli anni successivi, le mareggiate di libeccio produssero nuovamente l'asportazione di una porzione della spiaggia emersa.

1.10 INFORMAZIONI SULLE PRECEDENTI ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Non sono note attività di monitoraggio ambientale eseguite nelle ipotetiche aree di immersione/deposizione delle sabbie di dragaggio negli ultimi 5 anni.

1.11 PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI ESCAVO E GESTIONE DEI MATERIALI

Per il Porto di Fertilia non ci sono programmi per le attività di movimentazione e gestione dei materiali o 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

L'inquadramento del contesto geologico, nel quale si inserisce il porto di Fertilia e il suo immediato intorno, è finalizzato alla caratterizzazione dei litotipi geologici presenti.

Al fine di definire un inquadramento che risultasse adeguato alla scala di dettaglio del presente lavoro, è stata impiegata la Carta Geologica di Base della Sardegna in scala 1:25.000,

che definisce in maniera particolareggiata i litotipi presenti nell'area di interesse, confermati dalle evidenze dirette in fase di rilevamento.



SUCCESSIONI SEDIMENTARIE MESOZOICHE E TARDO PALEOZOICHE

Successioni Sedimentarie e Vulcaniche Mesozoiche e Tardo-Paleozoiche della Sardegna Settentrionale

Successione Sedimentaria Mesozoica della Sardegna Settentrionale

POC – *FORMAZIONE DI CAPO CACCIA. Calcarei a rudiste. CONIACIANO*

DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE

Depositi Pleistocenici dell'area Continentale

PVM1 – *Subsistema di Calamosca ("Panchina Tirreniana" Auct.) (SINTEMA DI PORTOVESME). Conglomerati e arenarie litorali a cemento carbonatico, con malacofaune a molluschi (*Strombus bubonius*) e coralli (*Cladocora coespitosa*). PLEISTOCENE SUP.*

Depositi Olocenici dell'area Continentale

Ambiente Continentale - Sedimenti Eolici

d – *Depositi eolici. Sabbie di duna ben classate. OLOCENE*

Una buona parte del territorio inquadrato è interessata sia da affioramenti che da un substrato contraddistinto da sabbie eoliche. Queste costituivano i cordoni dunari che bordavano il litorale ma l'attuale morfologia è stata quasi completamente obliterata dalla forte antropizzazione e da spinti fenomeni erosivi. I depositi sabbiosi di color oca chiaro, benché talvolta abbastanza addensate, si presentano in genere poco cementate, e sostanzialmente prive di stratificazione, sebbene fortemente classate. Le componenti mineralogiche sono rappresentate prevalentemente da quarzo con dimensioni non superiore al millimetro

Ambiente Transizionale - Sedimenti Litorali

g2 – *Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie, talvolta con molluschi, etc. OLOCENE*

I depositi di spiaggia del litorale di Fertilia sono sabbiosi con componente ghiaiosa a clasti ben elaborati di genesi calcarea.

Ambiente Continentale - Sedimenti Lacustri

e5 – *Depositi palustri. Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. OLOCENE*

Depositi Antropici

ha – *Depositi antropici. Manufatti antropici. OLOCENE*

h1r – *Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE*

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

2.1 PERCORSI DI CARATTERIZZAZIONE

Sulla base della tipologia portuale (aree interne di un porto esclusivamente turistico) e dei volumi di escavo (compreso tra 20 e 40 mila mc) illustrati nel Capitolo 1, dovrà essere seguito il cosiddetto "Percorso II", che indica una procedura di caratterizzazione SEMPLIFICATA, 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 Porto di Fertilia, costituito da un canale della larghezza media di circa 70 m, sono state individuate (vedi allegato "01 - Area di escavo e progetto di campionamento in stazioni unitarie") 13 aree unitarie, delle quali 6 da 50*50 m rappresentative del tratto assimilabile ad un canale e 7, sempre da 50*50 m, rappresentative dell'area dell'imboccatura, in osservanza degli esempi riportati nelle figure 1 e 4 dell'allegato tecnico del Decreto 15 luglio 2016, n. 173.

Sono stati inoltre individuate quattro maglie di campionamento delle dimensioni 200*200 m relative a delle possibili aree di deposito dei materiali dragati se le condizioni chimico-tossicologiche e granulometriche rendessero possibile il loro utilizzo per ripascimenti di "spiaggia sommersa". Due aree sono osservabili nell'allegato 01 mentre altre due, relative alla spiaggia di Punta Negra e al canale di flusso teorico dei sedimenti in uscita dal Calich ove non è presente la prateria di posidonia, sono osservabili nell'allegato "02 - Progetto di campionamento in stazioni unitarie - Area vasta".

2.1.2 *Stazioni di campionamento*

All'interno di ciascuna area unitaria (maglia quadrata di campionamento) è stato individuato il punto di campionamento che, per omogeneità di rilievo, è stato collocato al baricentro dell'area unitaria e numerato progressivamente con il codice Sn_XX.

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.

Punto	Bat. (m)	Prof. (m)	Camp.	Coordinate WGS84 GEOGRAFICHE		Coordinate UTM - WGS84 PIANE	
Sn_01	2,0	1,5	3	40° 35' 41.24" N	8° 17' 15.18" E	4494020.272 N	439716.218 E
Sn_02	3,0	0,5	1	40° 35' 39.53" N	8° 17' 14.22" E	4493967.951 N	439693.201 E
Sn_03	2,7	1,0	2	40° 35' 38.01" N	8° 17' 15.60" E	4493920.690 N	439725.352 E
Sn_04	3,1	0,5	1	40° 35' 36.31" N	8° 17' 14.64" E	4493868.369 N	439702.335 E
Sn_05	2,0	1,5	3	40° 35' 34.78" N	8° 17' 16.02" E	4493821.108 N	439734.486 E
Sn_06	3,1	0,5	1	40° 35' 33.08" N	8° 17' 15.06" E	4493768.787 N	439711.469 E
Sn_07	2,3	1,5	3	40° 35' 31.44" N	8° 17' 14.87" E	4493718.133 N	439706.623 E
Sn_08	2,5	1,0	2	40° 35' 31.60" N	8° 17' 16.99" E	4493722.700 N	439756.414 E
Sn_09	2,2	1,5	3	40° 35' 31.76" N	8° 17' 19.11" E	4493727.267 N	439806.205 E
Sn_10	2,6	1,0	2	40° 35' 29.78" N	8° 17' 14.54" E	4493667.168 N	439698.395 E
Sn_11	2,4	1,0	2	40° 35' 29.94" N	8° 17' 16.66" E	4493671.735 N	439748.186 E
Sn_12	2,5	1,0	2	40° 35' 30.10" N	8° 17' 18.77" E	4493676.302 N	439797.977 E
Sn_13	2,3	1,0	2	40° 35' 28.33" N	8° 17' 16.87" E	4493621.944 N	439752.753 E
Sn_14	6,0*	0,5	1	40° 35' 24.40" N	8° 17' 20.48" E	4493500.060 N	439836.576 E
Sn_15	12,0*	0,5	1	40° 35' 01.48" N	8° 17' 09.54" E	4492795.362 N	439573.649 E
Sn_16	13,0*	0,5	1	40° 34' 58.79" N	8° 16' 52.76" E	4492715.575 N	439178.474 E
Sn_17	3,0*	0,5	1	40° 35' 31.21" N	8° 16' 36.14" E	4493718.412 N	438796.088 E

* Valori stimati

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 di sabbie da grossolane a fini in presenza di matrice limosa.

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.

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, o sezioni residue di almeno 20 cm rappresentative del livello più profondo, secondo le seguenti modalità:

- le carote fino a 1,5 m di altezza devono essere suddivise in tre sezioni, di cui la prima di 50 cm a partire dalla sommità;
- le carote fino a 1,0 m di altezza devono essere suddivise in due sezioni, di cui la prima di 50 cm a partire dalla sommità;
- le carote fino a 0,5 m di altezza sarà costituita da un'unica sezione a partire dalla sommità.

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.

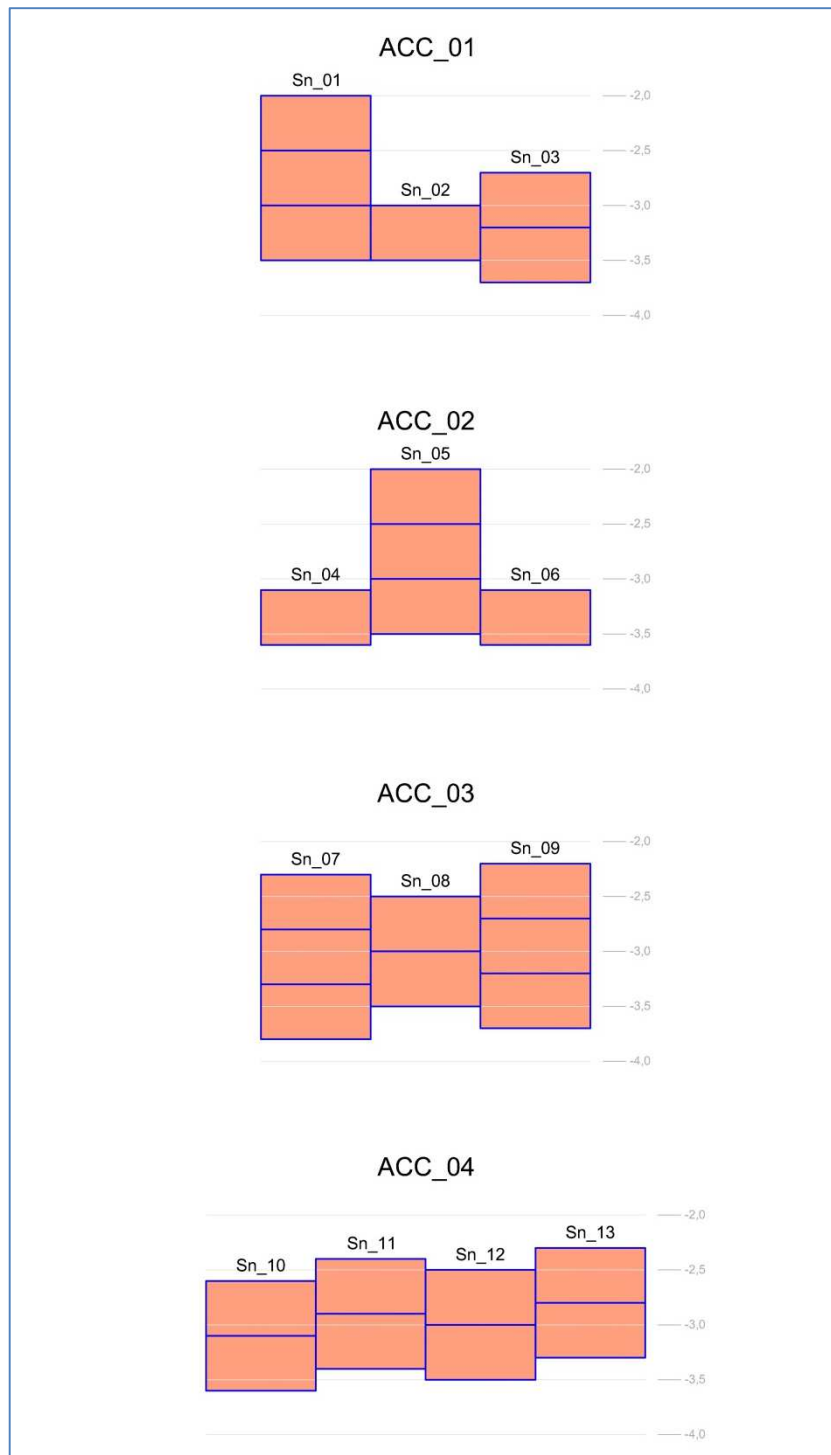
2.2.3 Accorpamento campioni

Come previsto dall'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173, per la tipologia di dragaggio e area portuale definibile dal "Percorso II", viene introdotta la possibilità di formare campioni composti per le successive analisi, ottenuti miscelando i campioni singoli provenienti da aree unitarie contigue aventi caratteristiche macroscopiche similari, fermo restando la possibilità di analizzare i singoli campioni **di cui dovrà essere sempre disponibile una aliquota conservata di almeno 250 ml di ciascun campione (accorpato e non accorpato), conservata a -20 °C, per eventuali accertamenti o approfondimenti sino alla validazione degli esiti.**

La procedura semplificata prevede la formazione di campioni composti da sottoporre ad analisi, ottenuti per miscelazione "a fresco" di aliquote di pari volume (minimo 100 cc), rappresentative di ciascun campione da miscelare. Essi possono rappresentare volumi contigui massimi da dragare di 10.000 mc se provenienti da aree unitarie di Tipologia 1 (50 x50 m), come nel caso del Porto di Fertilia, con un numero massimo di campioni da accorpare fino a 8 di spessore di 0,50 m tra loro contigui.

Di seguito la tabella con i sondaggi, le profondità da raggiungere, il numero dei campioni e gli accorpamenti stabiliti dei campioni da analizzare. Per quanto riguarda il codice identificativo dei campioni non accorpati questi saranno Sn_XX_C1, dove il C1 indicherà il campione da 0,50 m più superficiale, mentre il codice univoco dei campioni accorpati è indicato nella tabella seguente.

Punto	Prof.	Camp.	ACCORPAMENTI	CODICE UNIVOCO
Sn_01	1,5	3	ACCORPATI 6 CAMPIONI	ACC_01
Sn_02	0,5	1		
Sn_03	1,0	2		
Sn_04	0,5	1	ACCORPATI 5 CAMPIONI	ACC_02
Sn_05	1,5	3		
Sn_06	0,5	1		
Sn_07	1,5	3	ACCORPATI 8 CAMPIONI	ACC_03
Sn_08	1,0	2		
Sn_09	1,5	3		
Sn_10	1,0	2	ACCORPATI 8 CAMPIONI	ACC_04
Sn_11	1,0	2		
Sn_12	1,0	2		
Sn_13	1,0	2		
Sn_14	0,5	1	NESSUN ACCORPAMENTO	Sn_14_C1
Sn_15	0,5	1	NESSUN ACCORPAMENTO	Sn_15_C1
Sn_16	0,5	1	NESSUN ACCORPAMENTO	Sn_16_C1
Sn_17	0,5	1	NESSUN ACCORPAMENTO	Sn_17_C1



Schemi di accorpamento dei campioni

2.2.4 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 ⁽¹⁾
CHIMICA ORGANICA	vetro o polietilene	4 – 6	≤ -20 ⁽¹⁾
METALLI E INORGANICI	polietilene o vetro	4 – 6	≤ -20 ⁽¹⁾
MICROBIOLOGIA ⁽²⁾	polietilene o polistirolo sterili	4 – 6	4 – 6
ECOTOSSICOLOGIA ⁽³⁾	polietilene o vetro	4 – 6	4 – 6

(1) solo per campioni che non siano stati liofilizzati

(2) da allestire in coltura sui campioni fresco entro 36 ore

(3) 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.

2.2.5 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.

2.2.6 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 saggiata 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 saggiata 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 tipologia 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^a tipologia: saggio sulla fase solida. Bioluminescenza con *Vibrio fischeri* su sedimento privato dell'acqua interstiziale;

2^a tipologia: saggio su fase liquida. Inibizione di crescita algale con *Pheodactylum tricorutum* o *Dunaliella tertiolecta* o *Skeletonema costatum* su elutriato;

3^a 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^a 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		Alge	Crostei				Molluschi Bivalvi		Echinodermi	
	Specie	Matrice	Endpoint	1 ^a tipologia	2 ^a tipologia	3 ^a tipologia	Matrice	Endpoint	1 ^a tipologia	2 ^a tipologia	3 ^a tipologia
	<i>Vibrio fischeri</i> (Bacteria)	fase liquida / fase solida	<i>Dunaliella tertiolecta</i> <i>Pheodactylum tricorutum</i> <i>Skeletonema costatum</i> (Algae)	<i>Amphibalanus amphitrite</i> (Crustacea)	<i>Corophium</i> spp (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)	
			fase liquida	fase liquida	Sed. intero	fase liquida / Sed. intero	fase liquida	fase liquida	fase liquida	fase liquida	
			Crescita algale	Mortalità	Mortalità	Mort. (48 h) / Mort. (7 gg) / Sviluppo larvale	Mortalità	Sviluppo larvale	Sviluppo larvale	Fecundazione / Sviluppo larvale	

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

2.3.2 Classificazione ecotossicologica

Completata la fase di campionamento e analisi, sulla base delle risultanze ottenute si procede con la classificazione ecotossicologica di ciascun campione di sedimento basata sull'utilizzo dei criteri di integrazione ponderata di cui all'**Appendice 2B** allegata alla presente.

2.4 CARATTERIZZAZIONE CHIMICA

La caratterizzazione chimica di tutti i sedimenti accorpati e non accorpati, come descritti nel paragrafo "2.2.3 Accorpamento campioni", dovrà essere effettuata in relazione ai seguenti parametri chimici.

Tabella 2.4 - Parametri chimici da analizzare

PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE ¹
METALLI E METALLOIDI	As, Cd, Cr _{tot.} , Cr VI*, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V*, Al*, Fe*	0,03 mg kg ⁻¹ (Cd, Hg); 1 mg kg ⁻¹ (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 ⁻¹
IDROCARBURI C>12*		5 mg kg ⁻¹
PESTICIDI ORGANOCLORURATI	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 ⁻¹
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 ⁻¹
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro Sommatoria, (espressi come Sn organico)	1 µg kg ⁻¹ (riferito alla singola sostanza)
CARBONIO ORGANICO TOTALE O SOSTANZA ORGANICA TOTALE		0,1%

* da considerare come sostanze aggiuntive di cui si presume la pericolosità ambientale e/o sanitaria.

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;

¹ 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

- 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.

2.5 CARATTERIZZAZIONE FISICA

La descrizione macroscopica dei campioni compositi e non compositi deve essere particolarmente accurata, sia per l'area di prelievo che per le eventuali aree di deposizione. Questo in previsione del fatto che una possibile opzione di gestione dei materiali da dragare possa essere l'attività di ripascimento costiero; in particolare per la descrizione del colore devono essere utilizzate tavole cromatiche (Tavole di Munsell) con la medesima scala per entrambi i siti. Inoltre dovranno essere annotati odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica.

La descrizione macroscopica deve essere riportata nella "scheda di campo", assieme ai dati di campo ritenuti più significativi, tra i quali, si ribadisce, l'allontanamento della frazione granulometrica superiore ai 5 mm, come riportato nel paragrafo "2.2.2 Preparazione del campione".

Sempre in previsione di un possibile utilizzo dei sedimenti di dragaggio per ripascimenti costieri, di tutti i campioni, accorpati e non accorpati, dovrà essere prodotta la curva di distribuzione granulometrica cumulata e la ripartizione delle differenti frazioni secondo il sistema di classificazione granulometrica definita come la scala di Wentworth (o Udden-Wentworth)

Intervallo dimensionale (metrico)	Classi granulometriche (Wentworth)
4 - 2 mm	Ghiaia molto fine (Granule)
2 - 1 mm	Sabbia molto grossolana (Very coarse sand)
1 - 1/2 mm	Sabbia grossolana (Coarse sand)
1/2 - 1/4 mm	Sabbia media (Medium sand)
1/4 - 1/8 mm	Sabbia fine (Fine sand grain)
1/8 - 1/16 mm	Sabbia molto fine (Very fine sand grain)
1/16 - 1/256 mm	Silt (Silt)
< 1/256 mm	Argilla (Clay particle)

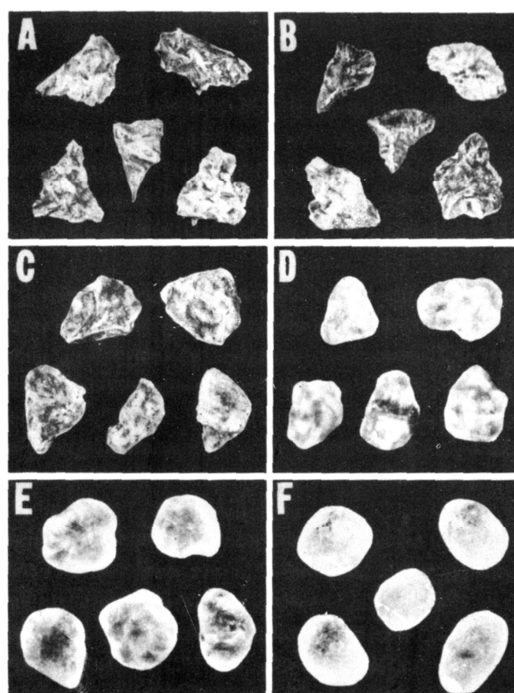
L'analisi granulometrica dovrà essere effettuata mediante setacci e crivelli, per via umida, e dovrà essere compresa la raccolta del campione in sacchetti delle singole frazioni trattenute ai setacci e la loro restituzione per l'effettuazione delle analisi mineralogiche.

Inoltre sulla porzione passante al silt dovrà essere effettuata l'analisi granulometrica per sedimentazione compresa la determinazione del peso specifico dei granuli.

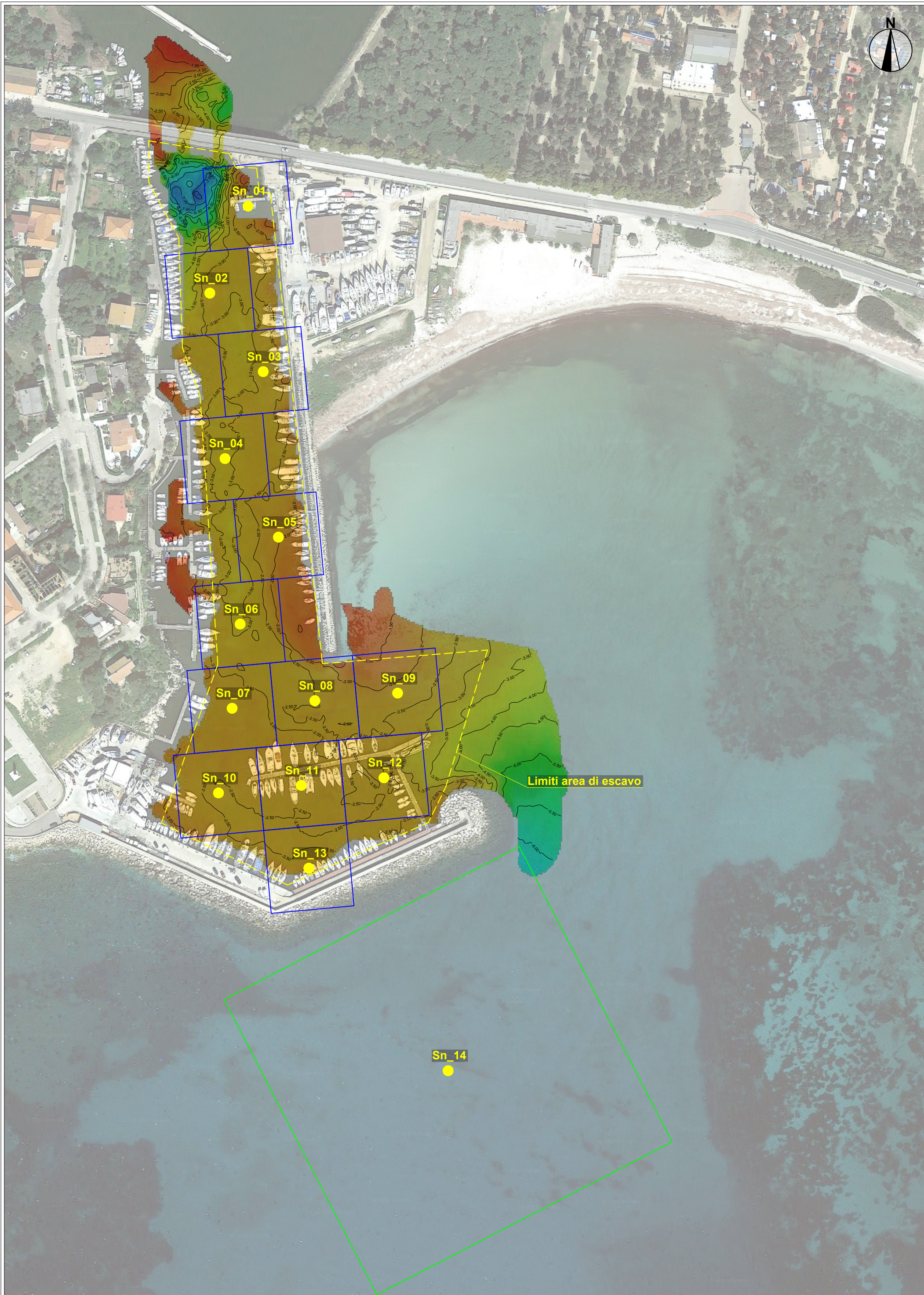
Le varie frazioni restituite dovranno essere descritte singolarmente con l'ausilio di un microscopio ottico binoculare per la caratterizzazione petrografia. In particolare dovrà essere esaminata la presenza di frammenti litoidi, cioè clasti provenienti dalla frammentazione di rocce preesistenti, di costituenti monomineralogici, in particolare il quarzo, e di bioclasti, includendo in questa classe sia parti di gusci e di dermascheletro sia organismi calcarei, con particolare riferimento ai piccoli gasteropodi ed ai foraminiferi.

Di ogni costituente abiotico selezionato dovrà inoltre essere specificato il grado di arrotondamento (da Powers, 1953, modif. in Shepard, 1963) suddividendolo nelle seguenti sei classi:

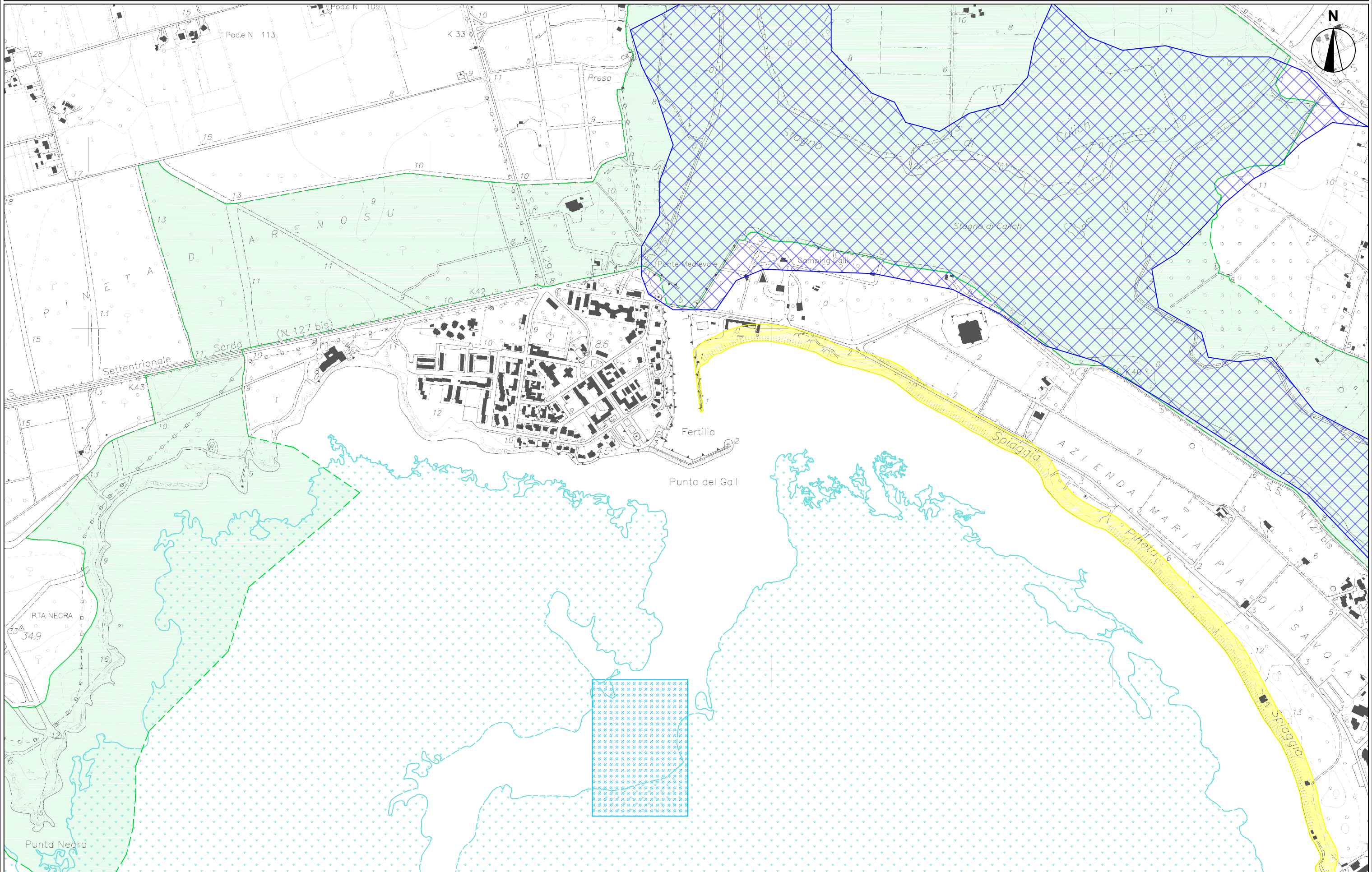
- A. molto angolosi;
- B. angolosi;
- C. subangolosi;
- D. subarrotondati;
- E. arrotondati;
- F. ben arrotondati.



Successivamente dovranno essere calcolate sia le percentuali di ciascuna classe granulometrica in confronto al totale del campione sia quella dei vari costituenti selezionati in confronto alla classe granulometrica. Le percentuali delle classi dovranno essere riportate su degli istogrammi e, cumulate, su diagrammi semilogaritmici per un immediato raffronto tra le varie sezioni ed i vari campioni nonché una verifica del grado di cernita del sedimento.





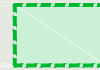




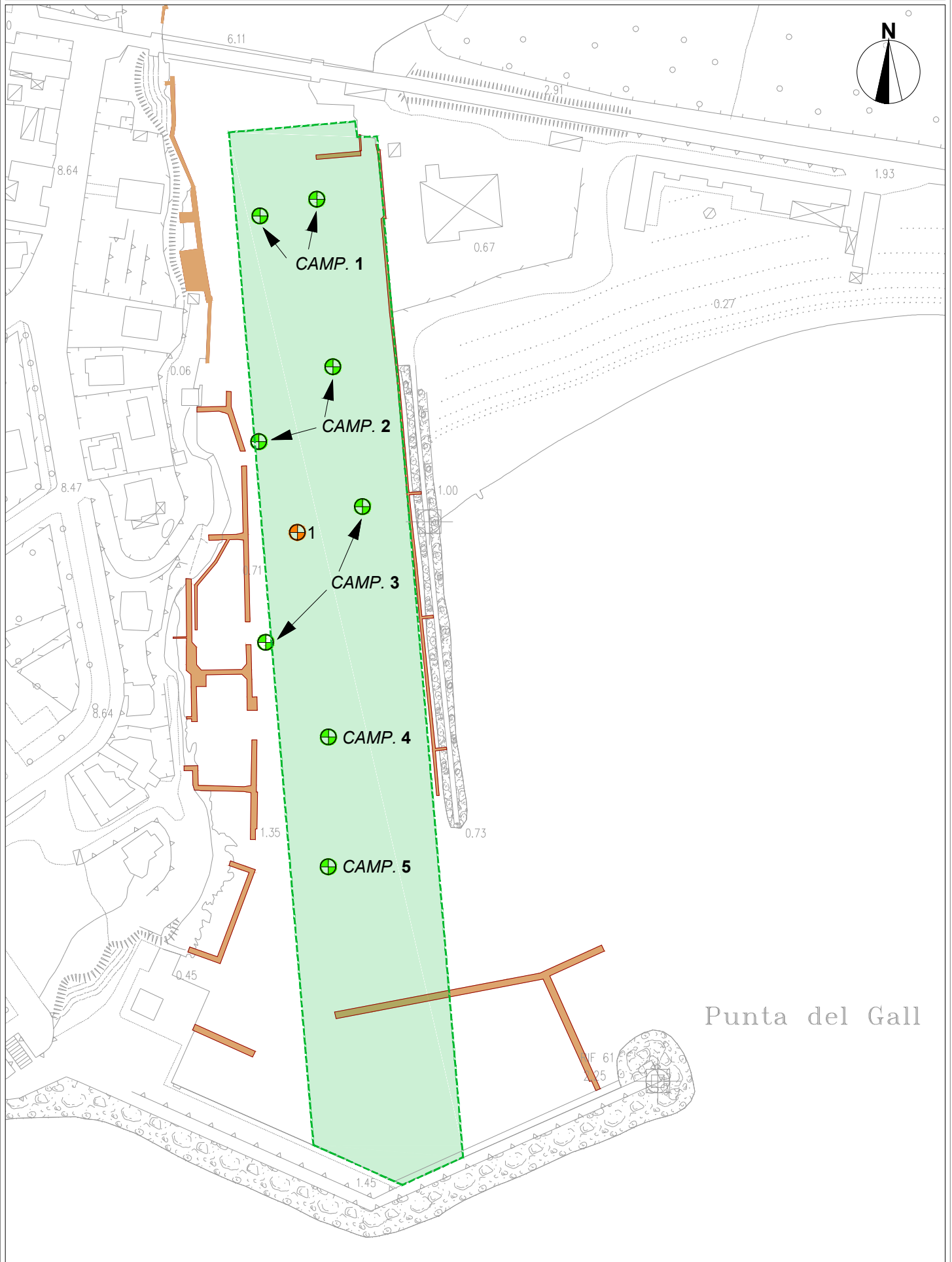
Punti di campionamento
del 21/04/1999

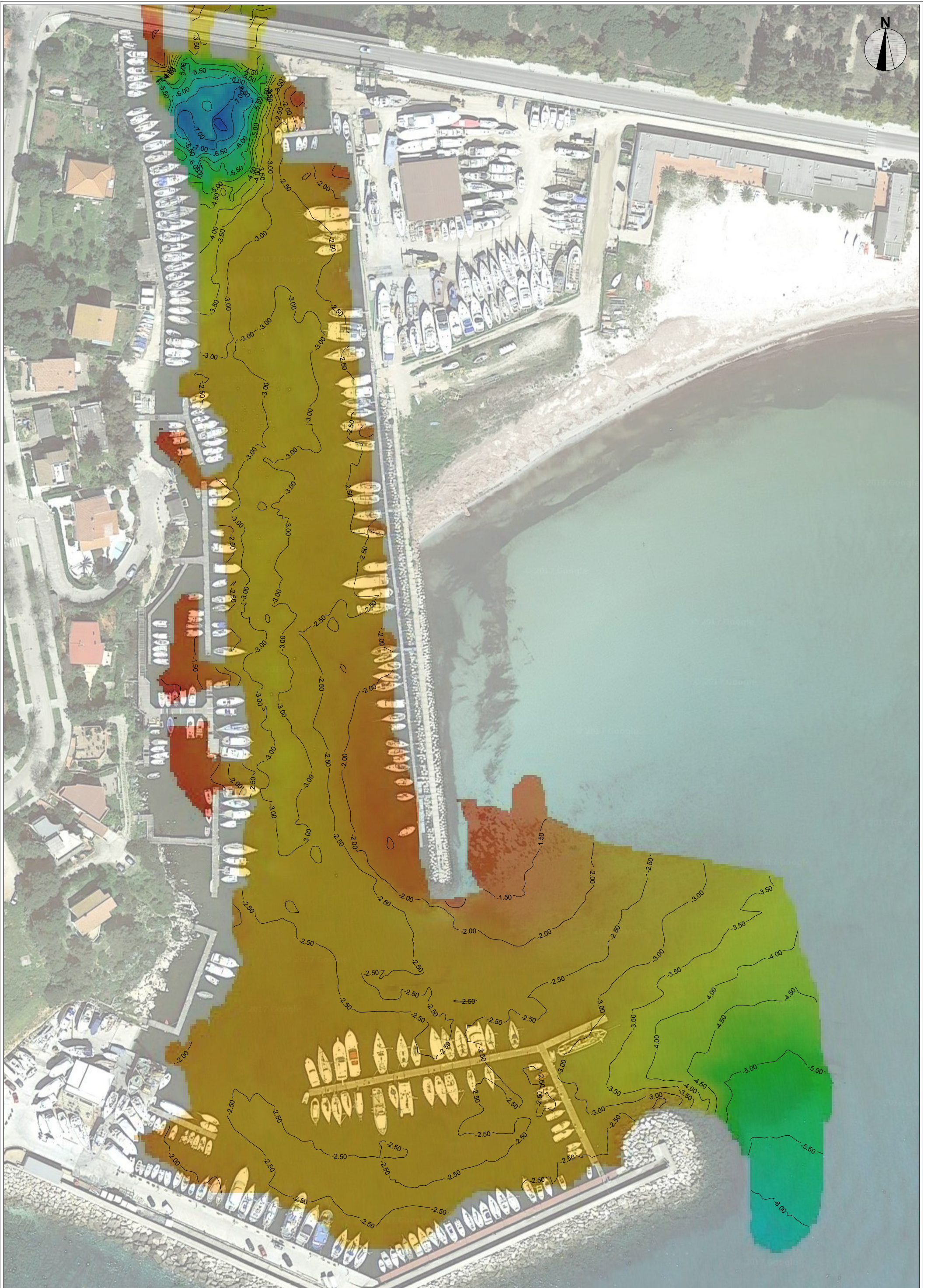


Campione
del 21/09/1999



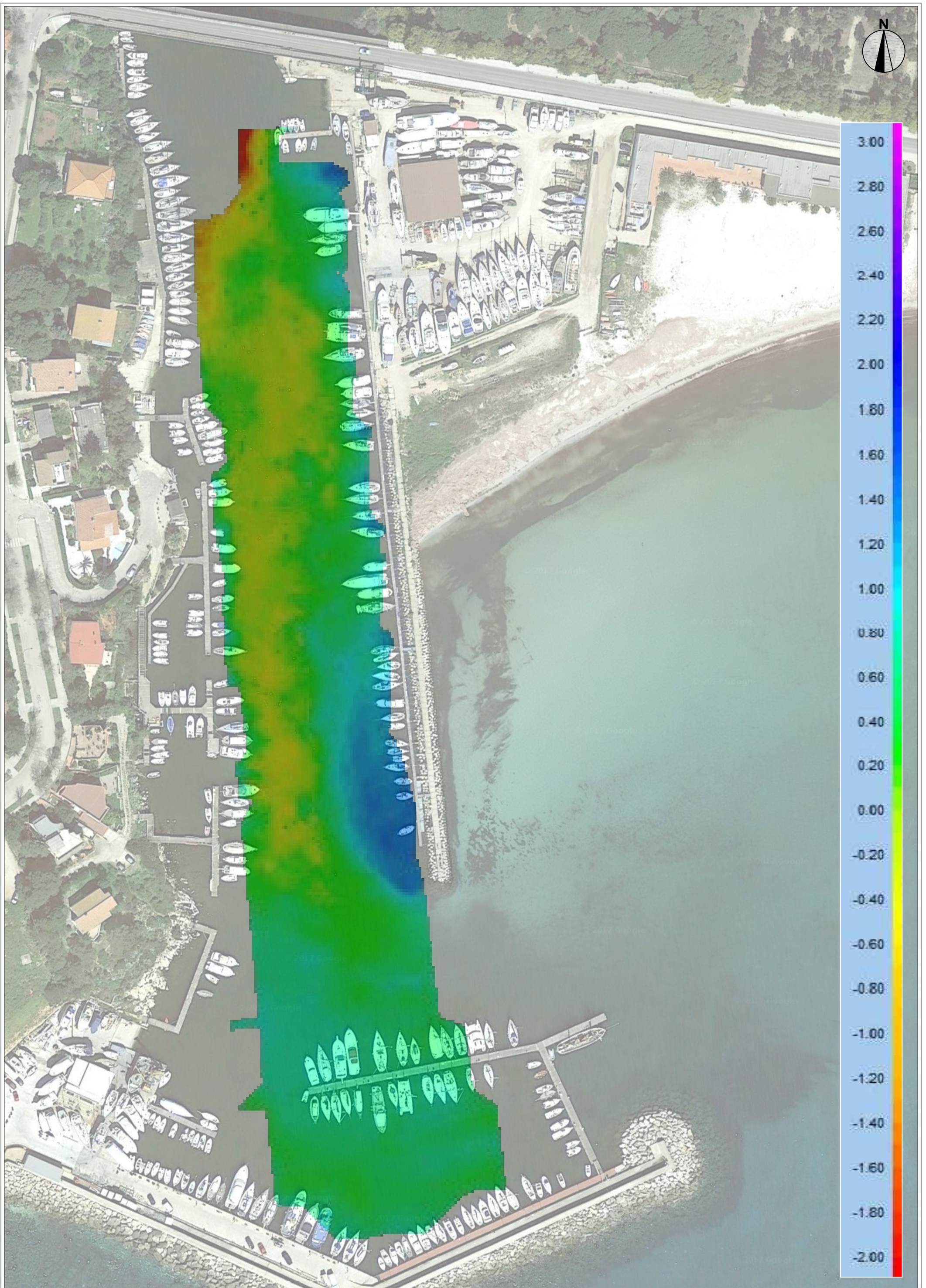
Area escavo quota -3.00m
anno 2000





Scala 1:1.200

Rilievo batimetrico **05**





**APPENDICE 2A: INFORMAZIONI DA RIPORTARE NEI RAPPORTI DI PROVA
RELATIVI ALLE INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE**

Commento [f61]: I campi riportati nella scheda di seguito riportata sono orientativi, in quanto dipendenti dalle specifiche metodologiche previste dallo specifico saggio biologico.

Campione	
Data campionamento	
Matrice	
Concentrazione/i testata/e:	
Organismo test	
Metodo utilizzato	
End point misurato	
Sostanza tossica di riferimento (controllo positivo)	
EC50 e limiti fiduciali (controllo positivo)	
Range di riferimento e/o carta di controllo	
Acqua usata per il test come controllo/diluente	
Parametri di controllo (es. salinità, pH, Temperatura)	
Nr. repliche	
Tempo di esposizione	
EC20 con limiti fiduciali	
EC50 con limiti fiduciali	
Effetto percentuale medio alla conc. max	
Dev. St. delle repliche alla conc. max	
Per il saggio in fase solida con <i>Vibrio fischeri</i>	
Tossicità misurata (TU50) ± Lim fiduc. (95%)	
R²	
Sediment Toxicity Index (STI)	

Dati da utilizzare per l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata

¹ Misura dell'endpoint	Media	Deviazione standard	Nr. repliche
Controllo negativo	Media delle letture delle repliche alla massima concentrazione testata	Deviazione standard tra le repliche alla massima concentrazione testata	Nr. Repliche alla massima concentrazione
Campione (trattato)	Media delle letture delle repliche alla massima concentrazione testata	Deviazione standard tra le repliche alla massima concentrazione testata	Nr. Repliche alla massima concentrazione

Commento [f64]: Del controllo

Commento [c62]: Non considerare

Commento [c63]: Non considerare

Commento [c65]: Non considerare

Solo per saggio in fase solida mediante <i>Vibrio fischeri</i>			
	Media	Deviazione standard	Nr. repliche
Controllo negativo	Soglia Tossicità Naturale stimata (TU50)	CV delle letture di controllo $[(\text{dev. Std. } I_q / \text{media } I_q) \text{ controllo}] * 100$ espresse in TU proporzionali rispetto alla Soglia di Tossicità Naturale	Numero repliche controllo
Campione (trattato)	Tossicità misurata riferita al peso secco (TU50)	¼ dei limiti fiduciali della tossicità misurata riferita al peso secco	2

Commento [f66]: E' disponibile sul sito ISPRA uno specifico foglio di calcolo per l'automatizzazione dei calcoli.

Commento [f68]: I_t

Commento [f69]: I_t

Commento [f70]: I_t

Commento [f67]: Calcolata secondo la seguente funzione:
Soglia Tox Nat (TU) = $3.13 * \text{Pelite}(\%) + 25.36$
Come da foglio di calcolo reperibile sul sito web ISPRA.

Commento [f71]: Anche nel caso in cui il saggio sia stato eseguito in singolo.

¹ Test algale: densità cellulare o tasso di crescita; test di fecondazione/ sviluppo lavale: % fecondati/sviluppati; test di mortalità/immobilizzazione: numero sopravvissuti; test con *Vibrio fischeri* su fase liquida: % bioluminescenza.

APPENDICE 2B: CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER LA VALUTAZIONE DELLE RISULTANZE ECOTOSSICOLOGICHE

I criteri di integrazione ponderata considerano aspetti importanti e caratteristiche specifiche dei saggi biologici inclusi nella batteria utilizzata, tra cui la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo (contemplando la variabilità tra le repliche, sia nel controllo, sia nel campione); la severità dell'effetto (inteso come gravità del danno biologico misurato dallo specifico end-point); la tipologia di esposizione (acuta o a breve termine, cronica o a lungo termine); la rappresentatività ambientale della matrice testata.

Per ciascuno dei saggi previsti nelle diverse tipologie di batterie utilizzabili è indicata una "soglia" di effetto che rappresenta la variazione minima ritenuta biologicamente significativa per ciascuna condizione sperimentale (Tabella A1); vengono anche riportati i "pesi" attribuiti a ciascun saggio in funzione della rilevanza biologica dell'end-point misurato, della durata dell'esposizione, della matrice testata (Tabella A2).

Commento [c72]: B

Commento [c73]: B

Tabella A1 – Valori di soglia attribuiti ai saggi biologici previsti nelle batterie.

Commento [c74]: B

Species	Endpoint (E)	Soglia (%)	Esposizione (T)	Matrice (M)
	Sviluppo larvale	20	Cronica/sub.let	a, d
<i>Acartia tonsa</i>	Mortalità	15	Acuta	b, c
<i>Amphibalanus amphitrite</i>	Mortalità	10	Acuta	b, c
<i>Corophium insidiosum</i>	Mortalità	15	Acuta	a, d
<i>Corophium orientale</i>	Mortalità	15	Acuta	a, d
<i>Crassostrea gigas</i>	Sviluppo	15	Cronica sub let.	c
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	Crescita algale	10	Cronica sub let.	b, c
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Sviluppo	15	Cronica sub let.	b, c
<i>Paracentrotus lividus</i>	fecondazione	15	Acuta	b, c
	Sviluppo	15	Cronica	b, c
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	Crescita algale	10	Cronica	b, c
<i>Skeletonema costatum</i>	Crescita algale	10	Cronica	b, c
<i>Tigriopus fulvus</i>	Mortalità	10	Acuta	b, c
<i>Vibrio fischeri</i>	bioluminescenza	15	Acuta	b, c
		25		a, d

a = sedimento intero; b = acqua interstiziale; c = elutriato; d = sedimento umido (privato di acqua interstiziale).

Tabella A.2 – Pesi attribuiti in funzione della rilevanza dell’endpoint biologico, la matrice, il tempo di esposizione ed utilizzati per il calcolo del coefficiente W_2 . Vengono riportati anche i valori per la biostimolazione algale.

ENDPOINT BIOLOGICO (En)		MATRICE (M)	
fecondazione	1.5	Sedimento intero (tal quale)	1
Sviluppo	1.9	Acqua interstiziale	0.8
Crescita algale	2.1	Elutriato	0.7
Bioluminescenza	2.4	Sedimento umido (es. centrifugato)	0.6
Mortalità	3		
ESPOSIZIONE (T)		BIOSTIMOLAZIONE ALGALE	E_i
Acuta	1	$E < 40\%$	0
		$40 < E \leq 100\%$	1.25
Cronica	0,7	$E > 100\%$	1.5

Commento [c75]: B

Commento [f76]: Comprensivo della biostimolazione nei confronti di *Vibrio fischeri*

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l’integrazione dei risultati e la formulazione del giudizio di tossicità di cui è riportato uno schema complessivo nella Figura A1:

- dopo la verifica dei dati, per ciascun saggio biologico viene calcolato l’effetto (E_i), inteso come variazione percentuale dell’endpoint misurato e compensato tramite la correzione di Abbott rispetto alle variazioni osservate nel controllo (eq. 2 del flow-chart di Figura A1);
- l’effetto E_i viene corretto in base alla significatività statistica della variazione rispetto ai controlli, applicando il coefficiente Z che viene calcolato in funzione del valore ottenuto dal test T per dati con varianza disomogenea (punto 3 del flow-chart di Figura A1). Il coefficiente Z ha un valore pari a 1 (nessuna riduzione dell’effetto) quando il campione risulta significativamente diverso dal controllo ($p < 0.05$); esso decresce con il diminuire della significatività, passando in maniera lineare da 1 a 0.5 quando p cresce da 0.05 a 0.06. Per valori di p superiori a 0.06, il coefficiente Z diminuisce rapidamente in maniera non lineare fino a 0.2, quando p tende a 1. Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un saggio non statisticamente significativo, ma non ne elimina completamente il contributo alla batteria;
- ciascun effetto (E_i) moltiplicato per il suo coefficiente Z, viene rapportato con la “soglia” specifica per quel saggio (eq. 4 del flow-chart di figura A1); l’effetto corretto (E_{iw}) così ottenuto indica di quante volte la variazione misurata in un saggio supera quella ritenuta biologicamente rilevante;
- solo per i saggi algali, in caso di un effetto di biostimolazione, viene assegnato un valore di E_{iw} pari a 0 se l’effetto è $< 40\%$, 1.25 se l’effetto è $> 40\%$ ma $< 100\%$, pari a 1.5 se l’effetto è $> 100\%$;
- l’indice di pericolo complessivo della batteria di saggi ecotossicologici (Hazard Quotient, $HQ_{Batteria}$) viene calcolato come sommatoria degli effetti pesati (E_{iw}) dei singoli saggi (eq. 5 del flow-chart di figura A1), ulteriormente corretti secondo il fattore W_2 che corrisponde al prodotto dei pesi assegnati in funzione della rilevanza biologica dell’endpoint considerato,

Commento [c77]: B

Commento [c78]: B

Commento [c79]: B

Commento [f80]: e per il saggio con *Vibrio fischeri* in fase liquida.

Commento [c81]: B

della rilevanza ecologica della matrice testata, della esposizione acuta o cronica degli organismi (Tabella A2).

Commento [c82]: B

- per l'attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici, il valore ottenuto per l'indice $HQ_{Batteria}$ è normalizzato ad una scala compresa tra 0 e 10 (eq. 6 del flow-chart di figura A1), dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria (cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi della batteria mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia) e 10 corrisponde al valore massimo della batteria (quando tutti i saggi mostrano il 100% di effetto). A seconda del valore dell' $HQ_{Batteria}$ normalizzato, il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se < 1 ; Basso/azzurro se $HQ_{Batteria} \geq 1$ e < 1.5 ; Medio/giallo se $HQ_{Batteria} \geq 1.5$ e < 3 ; Alto/rosso se $HQ_{Batteria} \geq 3$ e < 6 ; Molto Alto/nero se $HQ_{Batteria} \geq 6$ (Tabella A3).

Commento [c83]: B

Commento [c84]: B

Tabella A.3 – Classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ (Hazard Quotient) della batteria di saggi.

Commento [c85]: B

HQ BATTERIA DI SAGGI	CLASSE DI PERICOLO
< 1	Assente
$\geq 1 - 1.5$	Basso
$\geq 1.5 - 3.0$	Medio
$\geq 3.0 - 6.0$	Alto
$\geq 6.0 - 10.0$	Molto alto

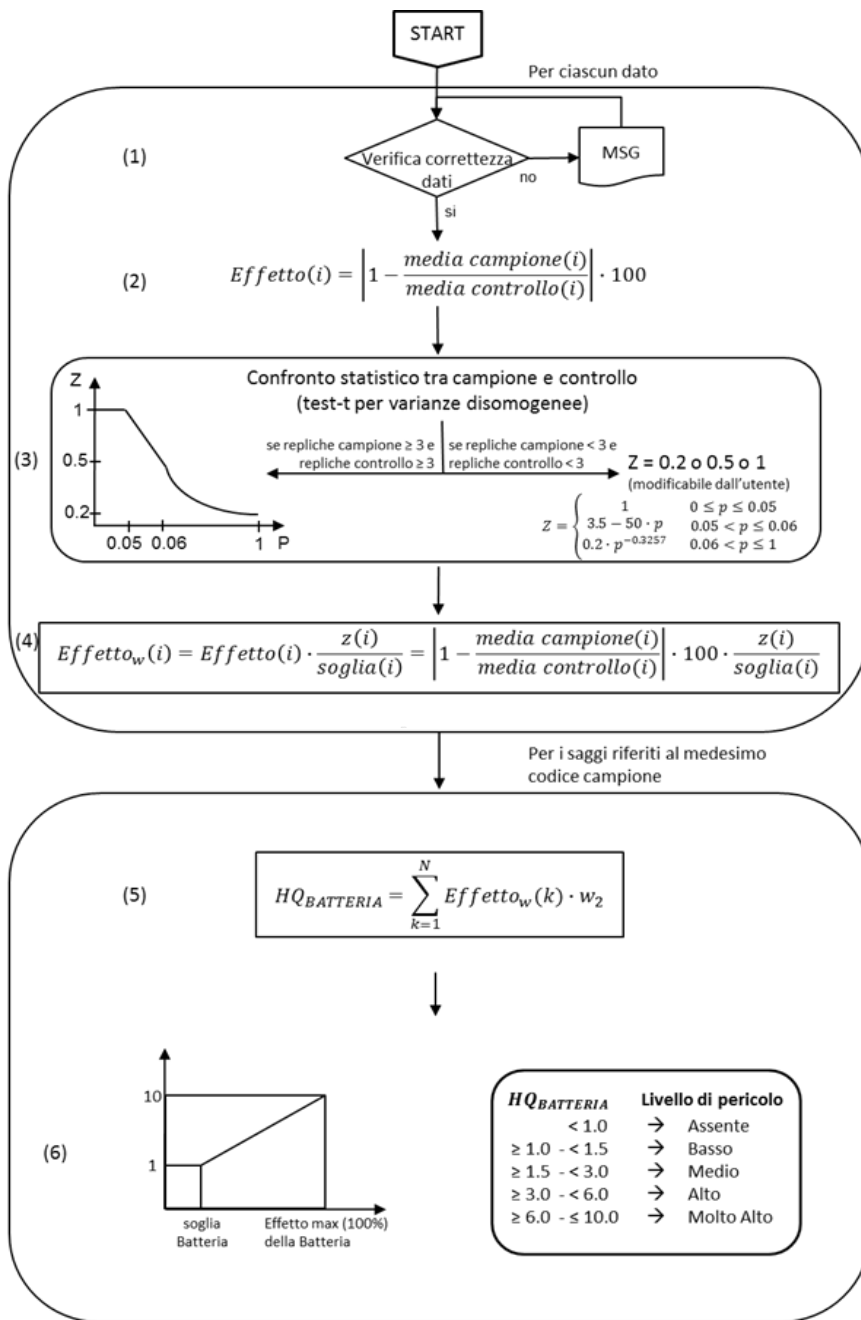


Figura A1 – Procedura per l’elaborazione dei dati dei saggi ecotossicologici.

Commento [c86]: B