

## Report n.1

# STUDIO DELLE CARATTERISTICHE AMBIENTALI DEL GOLFO DI OLBIA



Convenzione ISPRA e AdSp del Mar di Sardegna: “*Studio della compatibilità ambientale della movimentazione dei fondali e salvaguardia delle aree sensibili nel golfo di Olbia*” (PR ISPRA 22053)

**Responsabile convenzione: David Pellegrini**

**A cura di:**

**Margherita Secci**

**Silvia Giuliani**

**Dicembre 2020**

### **ISPRA Livorno**

#### **Ecotossicologia, granulometria, chimica inorganica, sostanza organica e microbiologia**

Buttino Isabella,  
Chiaretti Gianluca  
Ferrari Stefano  
Gennaro Paola  
Giuliani Silvia  
Macchia Simona  
Morrone Lorenzo  
Pilato Fabiano  
Sartori Davide  
Scuderi Alice  
Vitiello Valentina

#### **Elaborazione cartografica GIS**

Piccione Maria Elena

### **ISPRA Chioggia**

#### **Organostannici sedimenti**

Daniela Berto  
Malgorzata Formalewicz

### **ISPRA Roma**

#### **Popolamenti macrozoobentonici**

Loretta Lattanzi  
Veronica Marusso  
Salvatore Porrello  
Monica Targusi  
Paolo Tomassetti  
Danilo Vani

### **ARPA Sardegna**

#### **IPA, PCB, pesticidi**

Roberto Dessì  
Stefano Derrù  
Maria Grazia Pintus

### **Ringraziamenti**

*Si ringraziano per la preziosa collaborazione nella stesura della presente relazione la dott.ssa Alice Scuderi, la dott.ssa Valentina Vitiello, la dott.ssa Maria Elena Piccione e il dott. Cristian Mugnai.*

*Si ringrazia la Dott.ssa Alessandra Zoppeddu in qualità di capofila del progetto Interreg SEDRIPORT, per aver condiviso il prodotto T2.3.5. relativamente alla parte del Mussel Watch nel Golfo di Olbia.*



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

## Indice

### Sommario

---

|  |    |
|--|----|
| Indice .....   | 3  |
| Sommario .....   | 3  |
| Premessa .....   | 4  |
| Introduzione .....   | 5  |
| Inquadramento territoriale .....   | 6  |
| Capitolo 1 - Campionamento.....  | 8  |
| 1.1 Sedimenti .....  | 8  |
| 1.2 Colonna d'acqua .....  | 10 |
| Capitolo 2 - Materiali e metodi di analisi .....                         | 13 |
| 2.2 Sedimenti.....   | 13 |
| 2.3 Colonna d'acqua .....  | 26 |
| Capitolo 3 - Risultati .....   | 33 |
| 3.1 Sedimenti.....   | 33 |
| 3.2 Colonna d'acqua .....  | 55 |
| Classificazione della qualità dei sedimenti secondo il DM 173/2016 ..... | 65 |
| Conclusioni .....  | 66 |
| Bibliografia:.....   | 68 |
| ALLEGATO 1 Schede di Campionamento .....                                 | 74 |
| ALLEGATO 2 Relazione Benthos .....                                       | 75 |

## Premessa

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), a seguito della convenzione con l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna (AdSP) stipulata a settembre 2018, ha svolto le attività di propria competenza, che prevedono, in prima istanza, lo “Studio preliminare ambientale del Golfo di Olbia”, *“finalizzato alla conoscenza delle caratteristiche ambientali del Golfo di Olbia e dei suoi fondali e valutazione delle possibili interferenze tra le attività di movimentazione dei sedimenti e le altre attività del mare, in particolare la pesca e l'allevamento dei molluschi bivalvi”*.

Lo studio, con particolare riferimento alle caratteristiche dei sedimenti superficiali, fornisce un inquadramento ambientale generale, propedeutico alle attività di manutenzione dei fondali portuali progettate dall'AdSP del Mare di Sardegna per le quali è prevista una successiva caratterizzazione di dettaglio ai fini del dragaggio. In considerazione delle operazioni di movimentazione che la suddetta AdSP dovrà svolgere nell'area portuale, ai fini della valutazione della qualità dei sedimenti superficiali sono stati utilizzati i valori di riferimento chimici riportati nell'Allegato tecnico al DM 173/2016, che fornisce le modalità e i criteri per la caratterizzazione, la classificazione e l'individuazione delle possibili opzioni di gestione dei sedimenti marini e salmastri da sottoporre a tale attività.

La valutazione generale della qualità ambientale dell'area è stata effettuata utilizzando l'approccio integrato previsto dal suddetto Decreto, tramite l'applicazione del software per elaborazione dati Sediqua<sup>®</sup>.

Il posizionamento delle stazioni di campionamento è stato stabilito in relazione alle conoscenze pregresse dell'area ed utilizzando i dati forniti da AdSP.

Le attività di campionamento dei sedimenti sono state condotte nel maggio e nell'agosto 2019, con il supporto dell'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Sardegna (ARPAS), che si è occupata anche delle analisi dei contaminanti organici e della sostanza organica nei sedimenti.

Gran parte delle indagini hanno subito rallentamenti dovuti all'emergenza sanitaria tutt'ora in corso, che ha portato alla chiusura di numerosi laboratori impegnati nelle analisi in programma.

Il presente report viene fornito anche al fine di descrivere una parte delle attività condotte nei primi 24 mesi dalla data di firma della presente convenzione (art. 6), includendo le precedenti fasi di possibile rendicontazione (“dopo 6 mesi” e “dopo 12 mesi”), e a copertura delle spese documentate (sostenute o impegnate) fino al 50% dell'importo massimo previsto. La Convenzione prevede infatti che “Le note di debito relative alle fasi intermedie (in questo caso punti a-c) saranno accompagnate da apposita relazione attestante lo stato di avanzamento delle attività”.

## Introduzione

Le principali matrici ambientali marine, acqua, sedimento e biota, sono state indagate con l'obiettivo di fornire una descrizione preliminare dello stato ecologico del Golfo di Olbia ed integrare le conoscenze pregresse.

L'attenzione maggiore è stata riservata alla valutazione qualitativa dei sedimenti superficiali, in quanto comparto di accumulo della maggior parte degli inquinanti presenti nell'ambiente marino. Il sedimento rappresenta infatti un potenziale serbatoio che, in condizioni di risospensione e di cambiamento dello stato chimico fisico della matrice, è in grado di rimobilizzare i contaminanti in esso contenuti.

Al fine di effettuare una valutazione preliminare dello stato ambientale dell'area, si è proceduto ad una indagine progressiva: sono infatti state svolte prove ecotossicologiche (saggi biologici) su tutte le stazioni di campionamento previste. Dalle risultanze avute sono stati fatti successivi approfondimenti con analisi chimiche mirate.

L'analisi dei popolamenti macrobentonici è stata effettuata in alcune specifiche stazioni ritenute più significative, al fine di ottenere informazioni non solo sulla qualità ecologica del fondale ma anche sulla variabilità della tessitura dello strato superficiale del sedimento, sottoposto ad apporti terrigeni anche consistenti.

Il bioaccumulo dei possibili contaminanti presenti nella colonna d'acqua è stato valutato tramite mussel watch. Questo approccio è ormai considerato uno dei più efficaci, in quanto l'utilizzo di organismi filtratori come i mitili, che hanno rilevanza ecologica ed economica strategica per tutta l'area oggetto di studio, permette di valutare l'eventuale trasferimento di contaminanti dal comparto abiotico a quello biotico.

È in programma, inoltre, una campagna di indagine finalizzata allo studio della torbidità media delle acque del golfo, i cui risultati potranno essere utilizzati per integrare i dati pregressi.

## Inquadramento territoriale

Il porto di Olbia si può suddividere in tre zone distinte (Fig. 1):

- Isola Bianca: è la zona in cui si concentra gran parte del traffico commerciale tramite Ro-Ro merci, il trasporto passeggeri ed il traffico di navi da crociera;
- la parte interna del golfo: comprende il Porto interno, oggi utilizzato da unità da diporto e piccole navi da crociera e saltuariamente dalle navi Ro-Ro, vi si accede attraverso un canale, ampio circa 100 m, attualmente praticabile da navi con pescaggio non superiore a 6 m e l'antico Porto Romano che viene utilizzato da natanti da diporto, da pesca e da altre attività.
- Porto Cocciani: posto a Nord di Olbia, tra Punta Ginepro e Punta Istaula, comprende tutta l'area industriale; in questa zona vengono movimentate le merci trasportate su navi tipo General Cargo/Multipurpose Ship e approdano alcune navi Ro-Ro merci;

All'interno della zona industriale, oltre all'area di gestione di Porto Cocciani sono presenti diverse attività di cantieristica concentrate nella località di Cala Saccaia.

Nell'area portuale si riversano gli scarichi dovuti ai canali di scolo di acque meteoriche e gli sbocchi naturali di fiumi e rii presenti lungo lo sviluppo portuale del porto di Olbia, e lo scarico dell'impianto di depurazione del CIPNES (Consorzio Industriale Provinciale Nord Est Sardegna) di Olbia. Tale impianto si occupa del trattamento sia di scarichi industriali che civili, raccogliendo reflui pari a 45.000 ab/eq, per un volume di 146.000 m<sup>3</sup> all'anno. Inoltre, a tale impianto vengono conferiti anche rifiuti liquidi stoccati in cisterne e i reflui dell'impianto di potabilizzazione, sempre gestito dal CIPNES.

In tutta l'area immediatamente intorno alla zona strettamente portuale, vi è la presenza di diversi impianti di mitilicoltura e delle strutture produttive ad essi connesse.



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



Figura 1: Localizzazione aree principali del Porto di Olbia

## Capitolo 1 - Campionamento

### 1.1 Sedimenti

I prelievi per lo studio dei sedimenti superficiali e dei popolamenti macrozoobentonici sono stati effettuati tramite l'impiego di un pontone messo a disposizione dall'AdSP, utilizzando una benna Van Veen da 20 litri. Il benthos è stato campionato in tre stazioni in ognuna delle quali sono state eseguite tre repliche. Per le analisi chimico-fisiche ed ecotossicologiche sono stati prelevati i primi 5 centimetri che, una volta omogenizzati e suddivisi in aliquote, sono stati inviati ai diversi laboratori.

Nei laboratori ISPRA di Livorno sono stati eseguiti i saggi biologici, l'analisi degli elementi in tracce, le analisi granulometriche e della sostanza organica. Presso i laboratori ISPRA di Roma sono state eseguite le analisi microbiologiche e lo studio dei popolamenti bentonici, mentre le analisi sui composti organostannici sono state effettuate presso i laboratori ISPRA di Chioggia.

L'ARPAS ha eseguito le analisi di idrocarburi e pesticidi presso il laboratorio di Sassari e di policlorobifenili (PCB) presso il laboratorio di Cagliari.

Le stazioni di campionamento per le differenti analisi sono riportate di seguito.

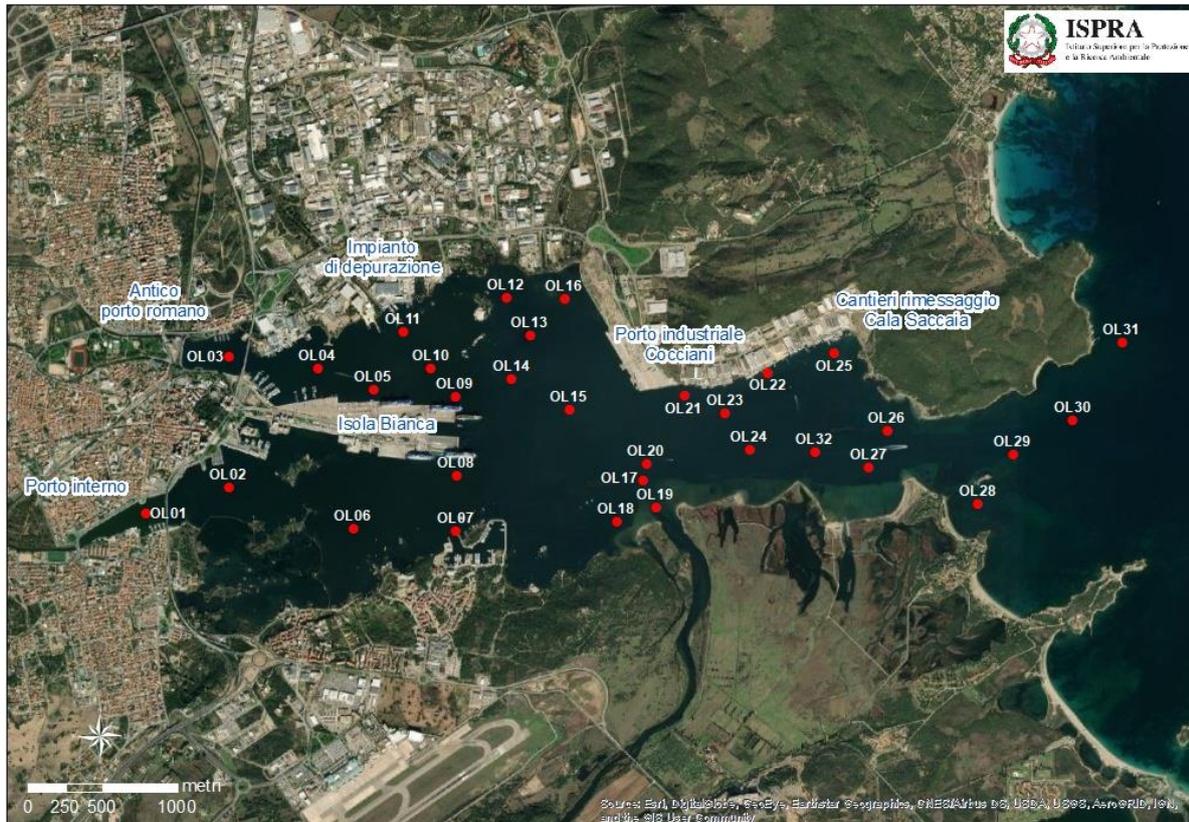


Figura 2 - Stazioni di campionamento del sedimento



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

Il campionamento di maggio 2019 è stato svolto in 5 giorni lavorativi, durante i quali è stato effettuato il prelievo del sedimento destinato alle diverse indagini. In totale sono stati effettuati prelievi in 31 delle 32 stazioni previste nel piano (si veda allegato 1), stazioni di cui si riportano le sigle e le relative coordinate nella Tabella 1.

**Tabella 1. Sigle e coordinate delle stazioni di campionamento**

| <b>Sigla delle Stazioni</b> | <b>Latitudine (N)</b> | <b>Longitudine (E)</b> |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>OL01</b>                 | 40.91856°             | 009.49978°             |
| <b>OL02</b>                 | 40.9201°              | 009.50635°             |
| <b>OL03</b>                 | 40.92811°             | 009.50642°             |
| <b>OL04</b>                 | 40.92737°             | 009.51348°             |
| <b>OL05</b>                 | 40.92606°             | 009.51789°             |
| <b>OL06</b>                 | 40.91756°             | 009.51624°             |
| <b>OL07</b>                 | 40.91739°             | 009.52440°             |
| <b>OL08</b>                 | 40.92080°             | 009.52446°             |
| <b>OL09</b>                 | 40.92560°             | 009.52445°             |
| <b>OL10</b>                 | 40.92726°             | 009.52251°             |
| <b>OL11</b>                 | 40.92956°             | 009.52035°             |
| <b>OL12</b>                 | 40.93160°             | 009.52853°             |
| <b>OL13</b>                 | 40.92926°             | 009.53038°             |
| <b>OL14</b>                 | 40.92659°             | 009.52891°             |
| <b>OL15</b>                 | 40.92475°             | 009.53347°             |
| <b>OL16</b>                 | 40.93144°             | 009.53318°             |
| <b>OL17</b>                 | 40.92041°             | 009.53936°             |
| <b>OL18</b>                 | 40.91788°             | 009.53722°             |
| <b>OL19</b>                 | 40.91875°             | 009.54036°             |
| <b>OL20</b>                 | 40.92143°             | 009.53961°             |
| <b>OL21</b>                 | 40.92554°             | 009.54265°             |
| <b>OL22</b>                 | 40.92692°             | 009.54933°             |
| <b>OL23</b>                 | 40.92448°             | 009.54591°             |
| <b>OL24</b>                 | 40.92221°             | 009.54785°             |
| <b>OL25</b>                 | 40.92805°             | 009.55463°             |
| <b>OL26</b>                 | 40.92331°             | 009.55878°             |
| <b>OL27</b>                 | 40.92112°             | 009.55729°             |
| <b>OL28</b>                 | 40.91883°             | 009.56598°             |
| <b>OL29</b>                 | 40.92185°             | 009.56878°             |
| <b>OL30</b>                 | 40.92392°             | 009.57357°             |
| <b>OL31</b>                 | 40.92863°             | 009.57756°             |
| <b>OL32</b>                 | 40.92210°             | 009.55300°             |

La stazione OL31 non è stata campionata in quanto il fondale (roccioso con residui di sabbia grossolana) non ha permesso l'utilizzo della benna e quindi il recupero di un campione di sedimento adeguato alle analisi in programma.

Su tutti i campioni di sedimento prelevati sono state eseguite analisi ecotossicologiche e granulometriche mentre solo in alcune stazioni sono stati effettuati approfondimenti mirati.

In particolare per le analisi ecotossicologiche sono stati eseguiti i seguenti saggi biologici; saggio con *Vibrio fischeri* e *Acartia tonsa* su fase solida, saggio di inibizione della crescita algale con *Phaeodactylum tricornerutum* e saggio di embriotossicità con *Crassostrea gigas* su elutriato.

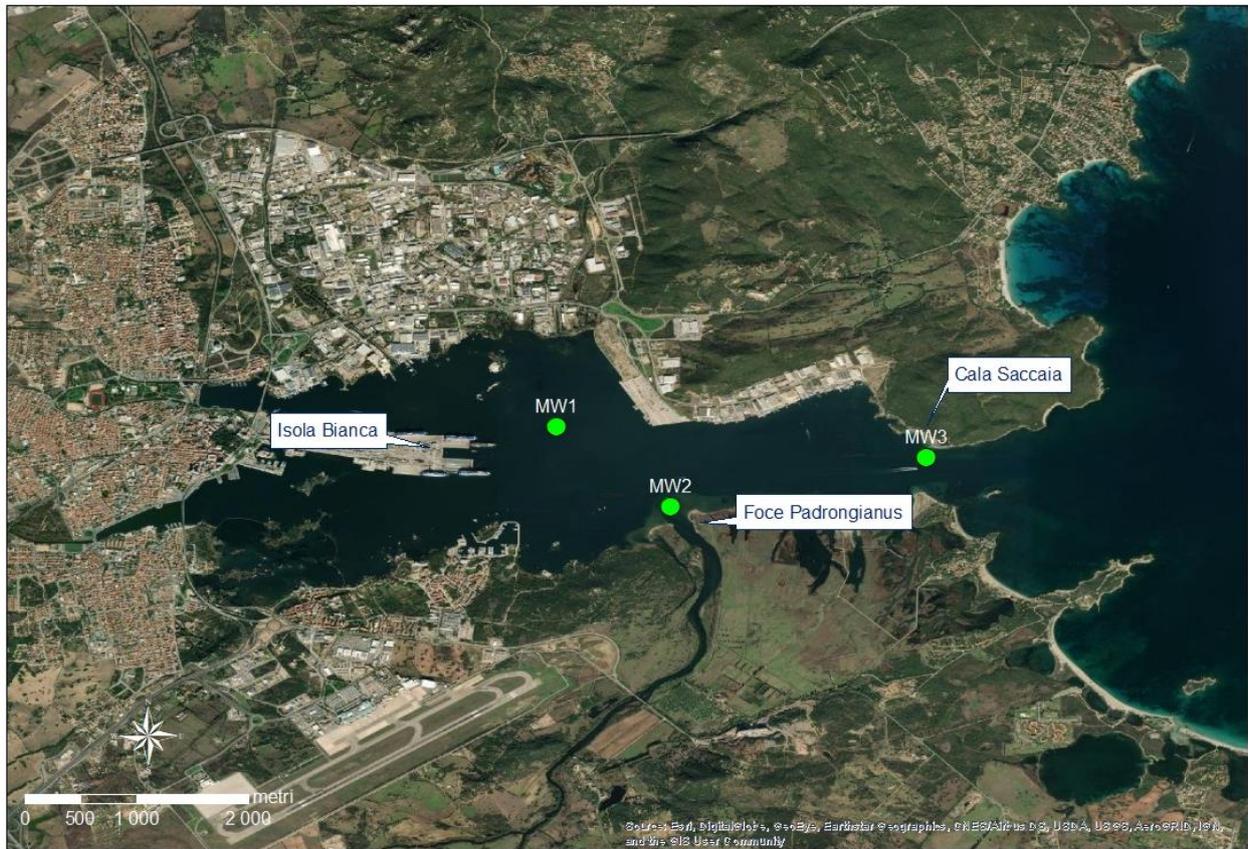
In funzione delle risultanze ecotossicologiche e di altri fattori fra cui le peculiarità caratterizzanti di alcune stazioni, si è provveduto ad analizzare i sedimenti per i seguenti parametri: sostanza organica, elementi in tracce (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), composti organici (IPA, PCB, composti organo stannici), e analisi microbiologiche. Il riepilogo delle analisi effettuate sui sedimenti è riportato in tab.3

Per quanto riguarda le indagini bentoniche, a causa di un problema di conservazione, si è deciso di ripetere il campionamento nel mese di Agosto 2019.

## 1.2 Colonna d'acqua

Per la valutazione della colonna d'acqua, si è fatto riferimento ai risultati del Mussel Watch eseguito nel porto di Olbia nell'ambito delle attività di monitoraggio condotte nel corso del progetto Interreg Marittimo Italia-Francia SEDRIPORT (2017-2020) - *prodotto SEDRIPORT T2.3.5 (APPLICAZIONI PRATICHE)*.

Su tre stazioni, ubicate rispettivamente davanti a Isola Bianca, in prossimità della foce del fiume Padrongianus e nell'area esterna antistante i cantieri/rimessaggio di Cala Saccaia (Fig. 3), sono state eseguite due campagne: la prima nel periodo estivo (giugno-luglio 2018), la seconda nel periodo invernale (gennaio-febbraio 2019)



**Figura 3: Stazioni in cui è stato eseguito il Mussel Watch**

In ogni campagna sono stati misurati i parametri chimico-fisici utilizzando una sonda multiparametrica (Tab.2).

**Tab. 2 - Estratto della Tabella 3 del prodotto SEDRIPORT. Localizzazione delle stazioni di campionamento dei mitili (MW) e dati dei parametri chimico-fisici misurati nelle due campagne:**

| Stazioni | Campagna     | T<br>(°C) | Sal<br>(ppt) | pH  |
|----------|--------------|-----------|--------------|-----|
| MW1      | Estate 2018  | 25.5      | 35.6         | 9.0 |
| MW2      |              | 25.4      | 35.6         | 9.0 |
| MW3      |              | 25.2      | 35.7         | 9.0 |
| MW1      | Inverno 2019 | 12.9      | 35.2         | 8.3 |
| MW2      |              | 11.6      | 35.4         | 8.3 |
| MW3      |              | 11.6      | 35.5         | 8.3 |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

Si precisa che le stazioni in cui è stato eseguito il *Mussel Watch* per i progetti INTERREG coincidono con le stazioni di prelievo dei sedimenti MW1= OL14, MW2=OL17, MW3=OL26.

Di seguito si elencano le analisi effettuate per ciascuna stazione e i risultati considerati per la valutazione preliminare della qualità del sedimento nel Porto di Olbia.

Nella tabella seguente (tab 3) vengono riepilogate le analisi effettuate per ciascuna stazione campionata:

Tabella 3: Riepilogo delle analisi effettuate per ciascuna stazione

|      | ecotossicologia<br>+granulom | metalli+pesticidi<br>+IPA+PCB | Organostannici | Microbiologia | Benthos | MW |
|------|------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------|---------|----|
| OL1  | X                            | X                             | X              | X             |         |    |
| OL2  | X                            | X                             | X              |               |         |    |
| OL3  | X                            | X                             | X              |               |         |    |
| OL4  | X                            | X                             | X              |               |         |    |
| OL5  | X                            | X                             | X              |               |         |    |
| OL6  | X                            | X                             |                |               |         |    |
| OL7  | X                            |                               |                | X             |         |    |
| OL8  | X                            | X                             | X              |               |         |    |
| OL9  | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL10 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL11 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL12 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL13 | X                            | X                             |                | X             |         |    |
| OL14 | X                            |                               |                |               | X       | X  |
| OL15 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL16 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL17 | X                            |                               |                |               | X       | X  |
| OL18 | X                            | X                             |                |               |         |    |
| OL19 | X                            |                               |                | X             |         |    |
| OL20 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL21 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL22 | X                            | X                             | X              |               |         |    |
| OL23 | X                            |                               |                | X             |         |    |
| OL24 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL25 | X                            |                               |                | X             |         |    |
| OL26 | X                            | X                             | X              |               | X       | X  |
| OL27 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL28 | X                            | X                             |                |               |         |    |
| OL29 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL30 | X                            |                               |                |               |         |    |
| OL32 | X                            |                               |                |               |         |    |

## Capitolo 2 - Materiali e metodi di analisi

### 2.2 Sedimenti

#### 2.2.1 Caratteristiche granulometriche

Per la determinazione delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti marini, ogni campione (circa 70 g) è stato trattato con una soluzione di perossido di idrogeno ed acqua distillata (1:8) per 48h a temperatura ambiente, per facilitare la separazione dei granuli.

In seguito, il sedimento è stato separato su maglia da 63  $\mu\text{m}$  in umido con acqua distillata; le due frazioni così ottenute sono state essiccate in stufa a 60 °C e successivamente pesate.

Si è quindi proceduto a vagliare la frazione > 63  $\mu\text{m}$  (sabbia e ghiaia) con pile di setacci da 2000, 1000, 500, 250, 125 e 63  $\mu\text{m}$  della serie ASTM; il sedimento corrispondente a ciascun intervallo è stato pesato e, al termine delle operazioni, è stato calcolato in quale percentuale le varie frazioni sono presenti all'interno del campione.

#### 2.2.2 Saggi biologici

Per la valutazione ecotossicologica dei sedimenti superficiali del Golfo di Olbia è stata selezionata una specifica batteria di saggi biologici. In particolare, selezionando le specie test tra quelle previste dall'Allegato Tecnico del D.M. n.173/2016, sono stati scelti 4 diversi saggi. Due di questi (saggio in fase solida con *Vibrio fischeri* e saggio con *Acartia tonsa*) sono stati scelti in modo da approfondire e dare peso ad un'eventuale tossicità legata alla matrice sedimento, indipendentemente da attività di movimentazione, nell'ottica di una prima caratterizzazione della qualità ambientale dei fondali del golfo. Tuttavia, altri due saggi (saggio di inibizione della crescita algale con *Phaeodactylum tricorutum* e saggio di embriotossicità con *Crassostrea gigas*) sono stati comunque previsti, analizzando la matrice elutriato, in modo da stimare la tossicità anche dei contaminanti che possono potenzialmente rimobilizzarsi nella colonna d'acqua a seguito della movimentazione dei fondali con attività di dragaggio.

Lo screening ecotossicologico è stato seguito dalle analisi chimiche di supporto. Le indagini sono state effettuate sia nelle stazioni risultate con criticità evidenti, sia nelle stazioni in aree di interesse (zone interno porto, zone all'imboccatura dell'area portuale, zona con impianti di mitilicoltura).

### *Preparazione della matrice elutriato*

La preparazione degli elutriati è stata effettuata entro 10 giorni dal campionamento, partendo dalla procedura standard USEPA (1991). Ogni aliquota di sedimento è stata omogenizzata con cucchiaino in acciaio. Per ogni aliquota sono stati prelevati tra 10 e 15 grammi di sedimento, posti in stufa a 105 °C per 24 h. Trascorso questo intervallo di tempo è stato determinato il peso secco e la quantità di sedimento umido da impiegare per preparare l'elutriato combinando in peso quattro parti di acqua filtrata prelevata da una zona non contaminata con una parte di sedimento. I campioni sono stati sottoposti ad agitazione per 1 h a 22 °C e, successivamente, lasciati sedimentare per 1 h. La fase liquida è stata separata dalla matrice solida mediante aspirazione e centrifugata a 5100 g per 20 min a 4 °C. Il surnatante è stato raccolto e vari subcampioni di elutriato sono stati conservati in bottiglie in polietilene a -20°C sino all'esecuzione dei test di tossicità.

### *Elaborazione dei risultati ed integrazione ponderata*

Per quanto riguarda la valutazione degli effetti tossici sono stati applicati, in aggiunta al classico criterio tabellare, i criteri di integrazione ponderata di cui all'appendice 2B dell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016. Le elaborazioni sono state effettuate mediante l'applicazione del tool Sediqualssoft 109.0® distribuito da ISPRA.

Nello specifico si valuta la differenza di significatività rispetto al controllo negativo e il superamento della soglia di effetto biologico, correggendo il risultato in base a una serie di "pesi" attribuiti in funzione della rilevanza biologica dell'end-point misurato, della durata dell'esposizione e della matrice testata (vedi Tabella A2). L'Hazard Quotient (HQ) così calcolato, normalizzato in scala da 0 a 10, permette di classificare il campione in base alla scala di tossicità indicata dal D.M 173/2016 e riportata di seguito nella Tabella 1. L'attribuzione della classe di qualità ai sedimenti esaminati scaturisce dall'integrazione della classificazione ecotossicologica e chimica, ottenuta attraverso l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata. Si riportano in Tabella 4 i criteri di integrazione ponderata per la classificazione della qualità dei sedimenti previsti dal D.M. 173/2016.



Tabella 4 - classificazione della qualità dei sedimenti risultante dall'applicazione dei criteri di integrazione ponderata (HQ= hazard quotient; HQ<sub>C</sub> =quoziente di pericolo chimico), Tab. 2.7 del D.M. 173/16

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

Di seguito vengono riportate le metodiche dei singoli saggi biologici.

### Saggio biologico con *Vibrio fischeri*

*Vibrio fischeri* è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle Vibrionaceae. E' cosmopolita, ma con maggior diffusione nelle fasce temperate e subtropicali.

Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sull'utilizzo della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché in presenza di contaminanti l'emissione di luce da parte di *V. fischeri* diminuisce, la misura dell'eventuale inibizione della bioluminescenza a seguito dell'esposizione del batterio ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità della sostanza o della matrice testata.

Il sistema di misura risulta piuttosto versatile in quanto è applicabile a matrici naturali, in particolare marine, acquose (acqua interstiziale, elutriato, ecc.) e solide (fanghi, sedimenti), nonché a soluzioni acquose di sostanze tossiche pure sia organiche che inorganiche.

#### *Preparazione delle matrici ambientali*

I saggi biologici sono stati applicati direttamente alla fase solida.

La fase solida è stata preparata per semplice centrifugazione refrigerata (3500 rpm a 4°C per 30'), eliminando successivamente l'acqua interstiziale come sovrantante.

#### *Protocolli di riferimento e procedura adottata*

L'emissione della bioluminescenza è stata misurata all'interno del luminometro termostato M500, dotato di pozzetti termostatati a 15 °C per i controlli e i campioni e a 4°C per il reagente.

I metodi utilizzati sono riconducibili al protocollo standard ISO 11348. In particolare ai campioni di sedimento centrifugato è stato applicato il protocollo Solid Phase Test (SPT) con la procedura Large Sample Method (Azur Environmental, 1995b) organizzato con 9-12 diluizioni e 3 controlli a seconda della granulometria del campione. Il test prevede una prima esposizione di 20 minuti durante i quali i batteri si trovano a diretto contatto con il sedimento ed una seconda fase di ulteriori 10 minuti in cui la risospensione batterica viene incubata nel luminometro.

La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16) che ha consentito di individuare la  $EC_{50}$  (concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50%). La  $EC_{50}$  è stata ulteriormente elaborata, esprimendola come TU (Unità Tossiche =  $100/EC_{50}$ ), che consente di ottenere una relazione diretta fra tossicità e riduzione della bioluminescenza, e come Sediment Toxicity Index (S.T.I.), che permette di esprimere la reale tossicità acuta del campione rispetto alla tossicità "naturale" di un campione di riferimento avente le medesime caratteristiche granulometriche (Onorati *et al.*, 1999). Al fine di esprimere il risultato del saggio nella scala S.T.I., poiché il test in fase solida viene effettivamente applicato sulla frazione granulometrica < 1 mm e poiché la componente naturale della tossicità è funzione della frazione pelitica, è stata eseguita anche un'analisi granulometrica mirata ad individuare la proporzione tra le due frazioni citate, indispensabile per la valutazione del reale livello di tossicità acuta. Le modalità utilizzate per l'individuazione di tali frazioni granulometriche si dividono in 3 fasi:

1. Trattamento del campione con una soluzione di  $H_2O_2$  per facilitare la separazione e la disgregazione del sedimento;
2. Setacciatura su getto di acqua distillata mediante setacci ASTM da 63  $\mu m$  e da 1 mm;
3. Recupero delle frazioni ottenute ed essiccamento in stufa, scartando quella > di 1 mm.

La matrice solida (centrifugata) è stata giudicata tossica quando il valore di S.T.I è risultato superiore a 1. La scala adottata per la quantificazione della tossicità è riportata in Tabella 5 (ICRAM-APAT, 2007). Sono stati inoltre calcolati i singoli HQ, calcolati secondo quanto indicato nel D.M. 173/2016.

Tabella 5 – Scala di tossicità acuta utilizzate nel saggio biologico mediante *V. fischeri*

| Valore di S.T.I.     | Valutazione di Tossicità |
|----------------------|--------------------------|
| S.T.I. $\leq$ 3      | Assente/Trascurabile     |
| 3 < S.T.I. $\leq$ 6  | Presente                 |
| 6 < S.T.I. $\leq$ 12 | Elevata                  |
| S.T.I. > 12          | Molto elevata            |

### Saggio biologico con *Acartia tonsa*

Il copepode calanoide planctonico *Acartia tonsa* è una specie cosmopolita delle regioni temperate di aree costiere ed estuari e, come la maggior parte dei copepodi planctonici, rappresenta una importante fonte alimentare dei consumatori secondari.

*Acartia tonsa* è stato proposto per i test di tossicità e gli studi di inquinamento marino a partire dal 1977 (Lee W. 1977) ed è ampiamente utilizzato in studi ecotossicologici sia in Europa che negli Stati Uniti, rientrando tra le specie indicate dalla International Organization for Standardization (ISO 14669, 1999) per l'esecuzione di saggi tossicologici applicati agli ambienti marini e salmastri.

Lo sviluppo larvale dei copepodi calanoidi consiste di 6 stadi naupliari e di successivi 5 stadi copepodite (il VI rappresenta l'adulto maturo). Lo sviluppo dei primi stadi vitali, da nauplii a copepoditi, è utilizzato come endpoint per la valutazione degli effetti tossici di sostanze chimiche, effluenti o campioni d'acqua in condizioni semi-statiche. Gli stadi larvali naupliari e di copepodite infatti sono morfologicamente distinti e quindi, la transizione dall'ultimo stadio naupliare (VI) al primo stadio di copepodite è facile da valutare. Il protocollo ISO 16778 (2015) prevede il test (Larval Development Rate test LDR) con *A. tonsa* in fase acquosa. Recentemente il test LDR è stato sviluppato anche per la valutazione della qualità dei sedimenti marini; le uova di *A. tonsa* appena emesse vengono direttamente esposte all'interfaccia sedimento-acqua in condizioni statiche fino al termine del test, allo sviluppo cioè degli stadi giovanili di copepodite (>50% rispetto ai nauplii) nel controllo; per i dettagli metodologici si rimanda al Quaderno di ecotossicologia n. 13/2019 ISPRA (Buttino *et al.*, 2019).

In breve, il principio del test consiste nell'espore embrioni di *A. tonsa* ed i successivi stadi di sviluppo a quantità definite di sedimento, in condizioni fisico-chimiche standard. Dopo 6 giorni viene confrontato il tasso di stadi giovanili (copepoditi) del sedimento da valutare con quello del sedimento di controllo (sedimento con livelli minimi di contaminazione o che comunque non evidenzia effetto sullo sviluppo di *A. tonsa*, come la sabbia quarzifera del Po) in modo da determinare l'inibizione percentuale dello sviluppo (Tabella 6).

**Tabella 6 - Scala tossicità test LDR con *A. tonsa***

| Valore di Inibizione  | Valutazione di Tossicità |
|-----------------------|--------------------------|
| $I \leq 25 \%$        | Assente/Trascurabile     |
| $25\% < I \leq 40 \%$ | Media                    |
| $40\% < I \leq 75 \%$ | Alta                     |
| $I > 75 \%$           | Molto Alta               |

Per la validazione del test sono stati presi in considerazione i parametri riportati sul Quaderno di Ecotossicologia n. 13/2019 (Buttino *et al.*, 2019). Sono stati inoltre calcolati i singoli HQ, calcolati secondo quanto indicato nel D.M. 173/2016.

### **Saggio biologico con *Phaeodactylum tricornutum***

I saggi con microalghe sono tra i più comunemente utilizzati per la facilità ed economicità del loro mantenimento in laboratorio e per la loro risposta rapida alla qualità dell'ambiente (Kraynukova 1988; Lewis 1995).

I primi metodi internazionali di riferimento per l'utilizzo di alghe monocellulari in prove di inibizione della crescita algale per lo studio della contaminazione di acque marine e costiere risalgono agli anni '70 (EPA, 1974; IRSA, 1978). In seguito, metodi EPA sono stati pubblicati anche per il controllo di acque di scarico (EPA, 1988). La metodica del saggio algale per organismi marini è stata aggiornata con la norma UNI EN ISO 10253 (2006) che prevede l'utilizzo di *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin e *Skeletonema costatum*. Entrambe le alghe possono essere impiegate, utilizzando tale protocollo, per saggi con elutriati o estratti da sedimento intero o con acqua sovranatante o interstiziale.

*Phaeodactylum tricornutum* è una diatomea Bacillariophyta ampiamente distribuita in aree estuariali e costiere e, in campo eco tossicologico, il suo impiego per la valutazione della qualità delle acque, dei sedimenti e delle acque di scarico industriali è stato riportato da numerosi autori (dos Santos *et al.*, 2002; Nash *et al.*, 2005; Zhuravel *et al.*, 2009; Morreno Garrido *et al.*, 2007; Morelli *et al.*, 2009; Okay *et al.*, 1994).

Il principio del test consiste nell'espore una coltura algale pura in fase di crescita esponenziale per diverse generazioni a concentrazioni note di campione, in condizioni fisico-chimiche standardizzate e con un definito ed omogeneo apporto di nutrienti. Al termine del periodo d'incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo.

Il saggio biologico è stato eseguito su elutriati scongelati seguendo i protocolli UNI EN ISO 10253 (2006) e ARPAT (1998), con alcune modifiche specifiche.

A partire dalla coltura madre mantenuta in laboratorio in fase di crescita esponenziale, una pre-coltura con una densità cellulare compresa tra  $2 \times 10^3$  e  $10^4$  cells/mL è stata preparata 2-4 giorni prima dell'inizio del test ed incubata alle stesse condizioni previste per il test. Dalla pre-coltura è stata quindi preparata la coltura di inoculo a concentrazione definita ed un'aliquota di tale coltura è stata addizionata al campione da testare e ad una appropriata quantità di mezzo di coltura concentrato. La soluzione così ottenuta, con una densità cellulare compresa tra  $8 \times 10^3$  e  $1,2 \times 10^4$  cells/mL, è stata quindi distribuita in piastre monouso sterili a 24 pozzetti (ARPAT, 1998; UNI EN ISO 10253, 2006) e posta per 72h in camera termostatica a  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , con regime di illuminazione continua del tipo *cool white* e con una intensità compresa tra 7.000 e 8.000 lux.

Al termine del prefissato periodo di incubazione è stata determinata la densità algale di ogni replicato, previa risospensione della soluzione contenuta in ciascun pozzetto. Tutte le valutazioni della densità algale sono state effettuate tramite conta al microscopio invertito utilizzando una camera di conta cellulare Thoma.

A partire dal tasso di crescita, calcolato come riportato sul protocollo UNI EN ISO 10253 (2006), è stata quindi calcolata la Percentuale di Inibizione (I), utilizzata per esprimere il giudizio di tossicità secondo le classi di tossicità riportate nella Tabella 7.

Sono stati inoltre calcolati i singoli HQ, calcolati secondo quanto indicato nel D.M. 173/2016.

**Tabella 7 - Scala di tossicità utilizzata nel saggio biologico con *P. tricornutum***

| Valore di Inibizione    | Valutazione di Tossicità    |
|-------------------------|-----------------------------|
| $I \leq -50\%$          | <b>Biostimolazione</b>      |
| $-50\% < I < 20\%$      | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| $20\% \leq I \leq 50\%$ | <b>Moderata</b>             |
| $50\% \leq I \leq 80\%$ | <b>Alta</b>                 |
| $80\% < I \leq 100\%$   | <b>Molto Alta</b>           |

Per la validazione del test sono stati presi in considerazione i parametri riportati sul protocollo UNI EN ISO 10253 (2006).

### **Saggio biologico con *Crassostrea Gigas* (Ostrica)**

Le ostriche sono bivalvi marini aventi una grande importanza ecologica. Difatti, per secoli, le ostriche hanno formato un habitat strutturato e dominate nelle zone estuarine e costiere nei mari temperati di tutto il mondo. Tali habitat costituiscono un ambiente ideale per avannotti di pescie una naturale difesa della linea di costa contro l'erosione (Moreira *et al.*, 2018).

Le ostriche sono poi una fondamentale risorsa nell'acquacoltura mondiale (FAO, 2015). *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), una specie di origine giapponese e presente ormai nelle acque costiere in tutto il pianeta, è tra le specie con maggior interesse commerciale dovuto ad un intenso utilizzo in acquacoltura.

*C. gigas* è inoltre impiegata da decenni in embriotossicologia. Infatti, questa specie soddisfa gran parte dei requisiti che devono possedere i buoni indicatori di tossicità. La sensibilità e la rapidità di risposta degli stadi larvali ed embrionali di *C. gigas* come bioindicatore da usare in saggi di embriotossicità è ampiamente riconosciuta a livello internazionale (USEPA, 1995; ASTM, 1998) e da numerosissimi studi di letteratura.

Il saggio di sviluppo embrionale (embriotossicità) prevede l'esposizione di un numero definito di zigoti di *C. gigas* alla soluzione da testare, allo scopo di stimarne la tossicità valutando il successo dello sviluppo embrionale dopo 24 h di incubazione. Il test è stato eseguito partendo dal protocollo ISO 17244 (2013). Gli adulti maturi di *C. gigas*, suddivisi in maschi e femmine, sono stati acquistati presso l'azienda Guernsey Sea Farm (<https://www.guernseyseafarms.com>) e utilizzati immediatamente dopo l'arrivo.

Il recupero dei gameti è stato effettuato mediante prelievo biotico dopo aver aperto l'ostrica con un coltello e tagliato il muscolo adduttore, semplicemente incidendo con un bisturi, con taglio a 45°, la gonade. In seguito all'incisione, i gameti sono stati prelevati con una pipetta pasteur di vetro da più porzioni, avendo cura di non contaminare il campione con la ghiandola digestiva. Una volta ottenuti i gameti femminili e maschili, questi sono posti in un becker di vetro contenente circa 500 ml e circa 300ml di acqua di mare prefiltrata a 0,45 µm. Dopo il controllo della forma e qualità delle uova gli spermatozoi sono stati osservati al microscopio per osservare la motilità spermatica. Trascorsi circa 30 minuti dal trasferimento dei gameti in acqua di mare è stata effettuata una prova di fecondazione, aggiungendo 2-5µl di gameti maschili a 20 µl di gameti femminili. Il successo della fecondazione e il rapporto sperma/uovo è stato osservato dopo circa 20 minuti. In funzione del numero di uova e dei volumi contati è stata aggiunta alla soluzione di oociti il volume corretto di spermatozoi con rapporto volumetrico

spermatozoi:uova di 10:1. La fecondazione è stata effettuata lasciando il beaker contenente i gameti maschili e femminili nel giusto rapporto a  $24 \pm 2$  °C per almeno 120 minuti al buio. Il saggio di embriotossicità viene eseguito esponendo 1 ml di soluzione di zigoti a 9 ml di elutriato (densità finale di almeno 100 zigoti/ml) per un volume finale di 10 ml. L'inoculo è stato eseguito in piastre multiwell da 6 pozzetti, mantenute in cella termostatica al buio a  $24 \pm 2$  °C per 24 h. Al termine del periodo di esposizione il test è stato concluso fissando il campione con 2-3 gocce di soluzione lugol:etanolo (1:3). Successivamente è stata determinata la frazione di larve sviluppate normalmente su 100 larve contate, escludendo dal conteggio le uova non fecondate. Il test è da considerarsi valido se la percentuale di larve normoformate nel controllo negativo è pari o superiore all'80%.

Per valutare la sensibilità degli embrioni è stato inoltre allestito un controllo positivo utilizzando come tossico di riferimento il nitrato di rame ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). L'accettabilità del test è stata fissata per valori di  $\text{EC}_{50}$  che rientranti all'interno del range di accettabilità della carta di controllo del laboratorio e dei dati di letteratura (6-16  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ).

Per quanto riguarda i giudizi di tossicità sono stati calcolati i singoli HQ, secondo quanto indicato nel D.M. 173/2016. In particolare, per l'attribuzione del livello di pericolo, il valore di HQ ottenuto è stato normalizzato ad una scala compresa tra 0 e 10, dove 1 corrisponde al valore di soglia di effetto e 10 corrisponde al valore massimo. Il livello di pericolo ecotossicologico è stato conseguentemente associato ad una classe di gravità, riportata nella Tabella 8, coerentemente con quanto previsto dal DM 173/2016.

Tabella 8 . Classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ (Hazard Quotient) per il saggio biologico con *C. gigas*

| Valori di HQ             | Classe di pericolo |
|--------------------------|--------------------|
| HQ < 1                   | <b>Assente</b>     |
| $1 \leq \text{HQ} < 1,5$ | <b>Basso</b>       |
| $1,5 \leq \text{HQ} < 3$ | <b>Medio</b>       |
| $3 \leq \text{HQ} < 6$   | <b>Alto</b>        |
| $6 \leq \text{HQ} < 10$  | <b>Molto Alto</b>  |

### 2.2.3 Parametri chimici

#### Elementi in traccia e sostanza organica

Il campione (circa 0.3 g s.s.) è stato mineralizzato in bombe in teflon, con l'impiego di un forno a microonde opportunamente programmato (Milestone 1200), mediante l'aggiunta di 9 ml di  $\text{HNO}_3$  (65%)

e 3 ml di HCl (30%) (Metodo EPA 3051A). Alla soluzione così ottenuta è stata aggiunta una quantità di acqua ultrapura tale da raggiungere il volume finale di 25 ml. La determinazione analitica è stata effettuata mediante l'impiego di Spettroscopia ad Assorbimento Atomico (Agilent, AAS220Z) (Metodo EPA 7010). Per il solo mercurio è stata utilizzata la Spettroscopia ad Assorbimento Atomico (metodo dei Vapori Freddi; Cetac M-7600). L'accuratezza della metodica è stata valutata impiegando il materiale standard di riferimento LGC 6137 (Promochem), che è stato processato con le stesse modalità dei campioni. Il limite di rilevabilità della metodica e il limite di quantificazione per ogni metallo analizzato è riportato in Tabella 9.

**Tabella 9 - Limiti di rilevabilità e di quantificazione**

|                               | As    | Cd    | Cr    | Cu    | Hg    | Ni    | Pb    | Zn    |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Quantificazione (mg/L)</b> | 0,330 | 0,002 | 0,199 | 0,084 | 0,005 | 0,102 | 0,179 | 6,342 |

Per la determinazione della sostanza organica sono stati prelevati circa 7 g di peso fresco, sottoposti a tre cicli di riscaldamento: a 105°C per 24 ore e a 160°C per 6 ore in stufa, infine a 400°C in muffola per 4 ore. La quantità di sostanza organica in grammi è determinata per differenza di peso, applicando il metodo "Loss on Ignition".

### **Idrocarburi Policiclici Aromatici, Pesticidi e PCB**

In Tabella 10 vengono elencate le metodiche utilizzate per le determinazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), pesticidi e PCB da parte dei laboratori dell'ARPAS Sardegna, che ha stipulato una convenzione con l'ISPRA.

**Tabella 10 - Metodi per la determinazione di Pesticidi, IPA e PCB**

| <b>Analita</b> | <b>Metodi utilizzati</b>                                       |
|----------------|--|
| IPA            | EPA 8270E (2018)   |
| Pesticidi      | EPA 3550C (2007)   |
| PCB            | Estrazione: EPA 3545 (2007)<br>Analisi GC/MS: EPA 8270D (2014) |

## Composti Organostannici

I composti organostannici sono stati largamente utilizzati a partire dagli anni 40' (Hoch, 2001), in particolare monobutilstagno (MBT) e dibutilstagno (DBT) come stabilizzanti e catalizzatori nell'industria della plastica o come rivestimenti del vetro, mentre tributilstagno (TBT) è stato impiegato come biocida nelle vernici antivegetative (Omae, 2003; Antizar-Ladislao, 2008). Nell'ambiente marino, la degradazione dei composti organostannici tri-sostituiti è la fonte predominante di quelli mono- e di-sostituiti, rispetto all'input dovuto all'oro impiego nell'industria della plastica (Abraham *et al.*, 2017).

Considerata l'elevata tossicità dei composti organostannici, in diversi paesi sono state introdotte regolazioni e restrizioni legislative per il loro impiego. La Direttiva Europea 2013/39/EU ha classificato il TBT come una sostanza pericolosa prioritaria e ne ha stabilito lo standard di qualità ambientale (SQA) nelle acque. In Italia il Decreto Legislativo 172/2015 ha definito per TBT anche SQA nei sedimenti marini ( $5 \mu\text{g TBT/kg p.s.}$  come catione, corrispondente a  $2 \text{ ng Sn/kg p.s.}$ ).

La determinazione dei composti organostannici (TBT – tributilstagno, DBT – dibutilstagno e MBT – monobutilstagno) nei campioni di sedimento è stata effettuata basandosi sulle metodiche adottate da Binato *et al.* (1998) e Morabito *et al.* (1995, 2001). I dettagli del metodo sono descritti nel Quaderno ISPRA "I composti organostannici in ambiente marino e lagunare" (Berto e Boscolo Brusà, 2015).

La procedura analitica consiste in una serie di fasi sequenziali: estrazione, derivatizzazione, purificazione e, infine, determinazione analitica mediante analisi gascromatografica accoppiata a un rivelatore a spettrometria di massa a trappola ionica (GC-MS/MS). Per la quantificazione sono state utilizzate curve di calibrazione preparate con soluzioni standard di TBT, di DBT e di MBT, con tetrabutilstagno (TTBT) come standard interno.

Per ciascun composto analizzato, le concentrazioni determinate sono state espresse sia come catione che come stagno (Sn) per grammo di peso secco. I limiti di quantificazione, rispettivamente come catione e come stagno, sono i seguenti:  $1.5 \text{ ng TBT g}^{-1}$  (pari a  $0.6 \text{ ng Sn g}^{-1}$ );  $1.0 \text{ ng DBT g}^{-1}$  (pari a  $0.5 \text{ ng Sn g}^{-1}$ );  $3.0 \text{ ng MBT g}^{-1}$  (pari a  $2.0 \text{ ng Sn g}^{-1}$ ).

Ai fini del controllo di qualità dei dati analitici, insieme a ogni serie di campioni vengono analizzati regolarmente campioni di controllo, inclusi bianchi di procedura, repliche e materiali di riferimento certificati. Per le analisi di sedimenti di Olbia è stato utilizzato il materiale certificato di riferimento BCR-646 e campioni di intercalibrazione QUASIMEME (QSP064MS e QSP069MS). Le percentuali di recupero rispettivamente per TBT, DBT e MBT, sono pari a  $106 \pm 7\%$ ,  $103 \pm 4\%$  e  $81 \pm 4\%$ .

L'accuratezza del dato analitico è stata confermata sulla base dei Z-score ( $< 2$ ; soddisfacente) dei campioni QUASIMEME.

In Tabella 11 e Tabella 12 si evidenziano i risultati delle analisi dei materiali certificati di riferimento (tra parentesi i valori certificati):

Tabella 11– Certified reference material BCR - 646

| BCR-646        | ng TBT g <sup>-1</sup><br>s.s. (come<br>cattione) | RECUPERO<br>% (480) | ng DBT g <sup>-1</sup><br>s.s. | RECUPERO<br>% (770) | ng MBT g <sup>-1</sup><br>s.s. | RECUPERO<br>% (610) |
|----------------|---|---------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|
| Valore         | 482   | 100                 | 776                            | 101                 | 474                            | 78                  |
| Valore         | 532   | 111                 | 818                            | 106                 | 511                            | 84                  |
| <b>Media</b>   | 507   | <b>106</b>          | 797                            | <b>103</b>          | 492                            | <b>81</b>           |
| deviazione std | 36  | 7                   | 29                             | 4                   | 27                             | 4                   |

Tabella 12 – Sedimenti intercalibrazione QUASIMEME

| QSP 064 MS 2018-1 | TBT ng<br>Sn g <sup>-1</sup> s.s. | RECUPERO<br>% (8.119) | Z-SCORE* | DBT ng<br>Sn g <sup>-1</sup><br>s.s. | RECUPERO<br>% (11.82) | Z-SCORE* | MBT ng<br>Sn g <sup>-1</sup><br>s.s. | RECUPERO<br>% (54.64) | Z-SCORE* |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------|--------------------------------------|-----------------------|----------|--------------------------------------|-----------------------|----------|
| Valore            | 9,34                              | <b>115</b>            | 1,1      | 12,44                                | <b>105</b>            | 0,4      | 59,09                                | <b>108</b>            | 0,5      |

| QSP 069 MS 2019-1 | TBT<br>ng Sn<br>g <sup>-1</sup> s.s. | RECUPERO<br>% (2.697) | Z-SCORE* | DBT<br>ng<br>Sn g <sup>-1</sup><br>s.s. | RECUPERO<br>% (2.648) | Z-SCORE* | MBT<br>ng<br>Sn g <sup>-1</sup><br>s.s. | RECUPERO<br>% (6.441) | Z-SCORE* |
|-------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------|---|-----------------------|----------|---|-----------------------|----------|
| Valore            | 2,95                                 | 109                   | 0,5      | 1,99                                    | 75                    | -1,2     | 6,12                                    | 95                    | -0,3     |
| Valore            | 3,12                                 | 116                   | 0,8      | 2,20                                    | 83                    | -0,9     | 4,69                                    | 73                    | -1,6     |
| <b>Media</b>      | 3,03                                 | <b>113</b>            | 0,7      | 2,10                                    | <b>79</b>             | -1,1     | 5,41                                    | <b>84</b>             | -0,9     |
| deviazione std    | 0,12                                 | 4                     | 0,2      | 0,14                                    | 5                     | 0,3      | 1,01                                    | 16                    | 0,9      |

Legenda: \* Z-SCORE

|Z| < 2 - satisfactory result

|Z| < 3 - questionable result

|Z| > 3 - unsatisfactory  
result

#### 2.2.4 Analisi microbiologiche

I metodi applicati sono quelli del manuale APAT – IRSA- CNR n 29/2003, volume 3 sezione 7000 - Metodi per la determinazione di microorganismi indicatori di inquinamento e di patogeni, in particolare per i:

- Coliformi totali: nella sezione 7010, il metodo C
- *Escherichia coli*: nella sezione 7030, il metodo C
- Enterococchi: nella sezione 7040, il metodo C

- Spore di clostridi: nella sezione 7060, il metodo B.

### *2.2.5 Popolamenti macrozoobentonici*

La conoscenza delle principali biocenosi marine è uno strumento indispensabile per l'individuazione delle aree a maggior pregio naturalistico, per una corretta gestione della fascia costiera e nei programmi di conservazione e monitoraggio (Crema et al., 1993).

Nell'ambiente marino il dominio bentonico comprende tutti i fondali che si estendono dalla riva fino alle massime profondità oceaniche. Gli organismi bentonici sono distribuiti su tali fondali in diverse associazioni a seconda del tipo di substrato, della profondità e dei fattori ad essa legati (luce, salinità, gas disciolti, nutrienti, idrodinamismo e granulometria del substrato). La distribuzione della fauna bentonica non è quindi omogenea, ma varia sensibilmente e in modo spesso difficile da schematizzare.

Lo studio di “**Caratterizzazione Preliminare**” delle comunità macrozoobentoniche di fondi mobili, condotto in particolare sui principali gruppi tassonomici che le caratterizzano, ovvero Policheti, Molluschi, Crostacei ed Echinodermi, considerati “efficaci descrittori” di tali comunità (Gambi et al., 1982), ha l'obiettivo di definire le condizioni di riferimento che caratterizzano tali popolamenti.

I prelievi del macrozoobenthos sono stati effettuati, nel mese di agosto 2019, in 3 stazioni OL14, OL17 e OL26. In ciascuna stazione sono state effettuate 3 repliche per un totale di 9 campioni.

Le attività analitiche di smistamento ed identificazione degli organismi sono state eseguite dal Laboratorio di Ecologia del Benthos (LEB) dell'ISPRA di Roma in conformità alla norma UNI EN ISO 9001:2018.

In Allegato 2 si riporta la relazione delle analisi bentoniche e i relativi Rapporti di Prova, consistenti in matrici di specie/abbondanza. Per ogni stazione e per ogni replica vengono riportate le liste tassonomiche e le relative abbondanze.

Gli organismi ritrovati nei campioni di sedimento marino sono stati inizialmente suddivisi nei principali taxa (Polychaeta, Mollusca, Crustacea ed Echinodermata), per poi essere identificati fino al più basso livello tassonomico, ove possibile (LPT, Lowest Possible Taxon) (Castelli et al., 2003).

Per l'inserimento delle specie secondo l'ordine sistematico e la nuova nomenclatura sono state consultate le liste presenti nel sito WoRMS (<http://www.marinespecies.org/>).

La comunità macrozoobentonica è stata analizzata mediante indici strutturali calcolati sulla matrice di specie/abbondanza. Gli indici utilizzati sono stati:

1. indice di diversità ( $H'$ ) (Shannon e Weaver, 1963), il cui valore è compreso tra 0 e teoricamente  $+\infty$  che tiene conto sia del numero di specie presenti che del modo in cui gli individui sono distribuiti fra le diverse specie;

2. indice di equiripartizione o “evenness” (J) (Pielou, 1966), è compreso tra 0 ed 1 e prende in considerazione la distribuzione degli individui nell’ambito delle varie specie che compongono una comunità. Tale indice presenta il valore massimo nel caso teorico in cui tutte le specie siano presenti con la stessa abbondanza, mentre presenta valori bassi nel caso in cui ci sia una sola specie abbondante e numerose specie rare;
3. indice di ricchezza specifica (d) (Margalef, 1958), è funzione del rapporto tra il numero di specie totali ed il numero totale di individui. Quante più specie sono presenti nel campione, tanto più alto sarà il suo valore.

La qualità ecologica delle 3 stazioni è stata valutata mediante l'applicazione dell'indice macrobentonico M-AMBI (Muxika et al., 2007) alla matrice di specie/abbondanza della macrofauna. L'indice M-AMBI consiste in un'analisi statistica multivariata in cui l'analisi fattoriale combina i valori di AMBI, con quelli di diversità di Shannon-Wiener (H') e numero di specie (S). Il software con cui viene calcolato è il medesimo di AMBI ([www.azti.es](http://www.azti.es)) da applicarsi con l'ultimo aggiornamento già disponibile della lista delle specie. Per il calcolo dello stato di qualità è stata utilizzata l'ultima versione di M-AMBI (v.5), con aggiornamento della libreria nel maggio 2019.

## 2.3 Colonna d'acqua

### *Bioaccumulo in *Mytilus galloprovincialis**

I molluschi bivalvi, in particolare le specie tipiche degli ambienti di transizione, possiedono caratteristiche che li rendono un valido strumento per il monitoraggio della contaminazione degli ambienti costieri, nell’ambito di un approccio che integri valutazioni di parametri chimico-fisici con la valutazione degli effetti sull’ecosistema.

In quanto organismi filtratori, possono accumulare nei loro tessuti numerosi inquinanti inorganici ed organici presenti sia nelle acque (frazione disciolta), sia nel fitoplancton di cui si alimentano, che nelle particelle in sospensione (Bryan e Langston, 1992; Adam e Shorey, 1998; Wang e Fisher, 1999; Byrne e Vesik, 2000). La loro tolleranza ad un’ampia gamma di condizioni ambientali e l’incapacità di regolare la concentrazione tissutale delle sostanze xenobiotiche, per la mancanza di specifici meccanismi biochimici o fisiologici, costituiscono fattori che facilitano il bioaccumulo di esse nei loro tessuti (Viarengo *et al.*, 2007; Girón-Pérez, 2010). La quasi totale sessilità a partire dallo stadio di sviluppo post-larvale e il ciclo vitale lungo rendono inoltre questi organismi rappresentativi degli ambienti che popolano. Di ampia ed abbondante distribuzione nella maggior parte delle zone costiere del mondo (Ortiz-Zarragoitia e

Cajaraville, 2006), i bivalvi sono facilmente reperibili in natura in caso di studi su popolazioni naturali; in alternativa, il loro reperimento è estremamente semplice grazie alla diffusa presenza di allevamenti specializzati nella produzione e commercializzazione a scopi alimentari in questo tipo di organismi. Anatomia, fisiologia e etologia di questi molluschi sono ampiamente conosciute proprio in virtù della loro ampia diffusione in ambiente ed al loro allevamento.

Il campionamento degli organismi dall'ambiente risulta di facile esecuzione, l'identificazione non richiede l'intervento di esperti tassonomi ed anche le metodiche di trattamento per le successive indagini di laboratorio sono ampiamente conosciute.

Tra i bivalvi più comunemente utilizzati come bioindicatori c'è il mitilo comune (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck), ampiamente diffuso negli ambienti costieri e allevato anche nel Mediterraneo; tale specie è impiegata per la verifica dei livelli di contaminanti accumulati mediante la metodologia definita Mussel Watch, sviluppata negli anni '70 (Goldberg, 1975) e sin da allora applicata in programmi internazionali di monitoraggio.

Tutte le attività di Mussel Watch all'interno del Porto di Olbia sono state svolte utilizzando l'imbarcazione messa a disposizione dagli operatori della Cooperativa Olbia Mitili. La preparazione delle reste e dei campioni di organismi raccolti al momento del posizionamento (t<sub>0</sub>) sono state eseguite nei locali della Cooperativa Olbia Mitili.

Il monitoraggio, nel caso della campagna di gennaio – febbraio 2019, è stato effettuato utilizzando la tecnica degli organismi trapiantati, secondo le indicazioni riportate nella descrizione “Bioaccumulo in bivalvi, SCHEDA 1 – Utilizzo dei molluschi bivalvi nel programma di monitoraggio dell'ambiente costiero (Protocollo Mussel Watch)” del volume “Metodologie analitiche di riferimento” redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e da ICRAM nel 2011.

Esemplari di *Mytilus galloprovincialis* sono stati raccolti da una popolazione proveniente da un sito di allevamento e traslocati, senza alcuna stabulazione, per un periodo di 4-5 settimane nelle aree da monitorare.

In ciascuna delle stazioni oggetto di studio, sono stati trapiantati circa 200-300 individui di taglia omogenea (5-7 cm), approssimativamente compresa tra il 70 ed il 90% delle dimensioni massime della popolazione da cui sono stati prelevati.

Il trapianto è stato effettuato mantenendo gli organismi in reti di nylon o strutture plastiche fissate nella stazione da monitorare, ad una profondità compresa tra 1 e 5 m e ad almeno un metro dal fondo.

Trascorso il periodo in situ, i mitili sono stati recuperati, mantenuti refrigerati a circa 4 °C in ambiente umido (ma non immersi in acqua) fino ad un massimo di 24 ore, e successivamente dissezionati e preparati per le successive analisi.

Per quanto riguarda le campagne di giugno e luglio 2020 considerate ai fini della valutazione della qualità della colonna d'acqua, i mitili analizzati sono stati prelevati direttamente dagli impianti di mitilicoltura, senza quindi la fase di trapianto.

Per ogni punto di campionamento, per ciascuna tipologia di analisi da fare (es. elementi in tracce e contaminanti organici), sono stati preparati 4 pool (3 repliche e un pool riserva), ciascuno costituito dalle parti molli di circa 10 organismi. I tessuti molli dei mitili selezionati sono stati prelevati, lavati con acqua ultrapura e congelati a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  fino al momento dell'analisi.

In relazione agli specifici obiettivi del monitoraggio si è stabilito di ricercare nei mitili i seguenti parametri:

- elementi in tracce: arsenico, cadmio, cromo totale, rame, mercurio, nichel, piombo e zinco;
- 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;
- policlorobifenili: congeneri PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria;
- composti organostannici: tributilstagno;
- pesticidi organoclorurati: Aldrin, Dieldrin, Endrin, alfa-HCH, beta-HCH, gamma-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2.4 e 4.4), HCB, eptacloro e epossido.

Di seguito si riportano le metodologie impiegate per la ricerca dei parametri chimici nella matrice biota.

### **Elementi in tracce**

La mineralizzazione del campione è stata effettuata su aliquote di circa 0.3-0.4 grammi di sostanza preventivamente seccata in stufa a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  fino al raggiungimento di un peso costante. I tessuti molli dei mitili sono stati successivamente polverizzati in mortaio, pesati con bilancia, avente risoluzione al decimo di mg, direttamente nel recipiente in teflon in cui avviene la mineralizzazione.

Il metodo di analisi prevede l'attacco con  $\text{HNO}_3$  ultrapuro al 65% (5 mL),  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% (1 mL) e 2 mL acqua ultrapura e digestione mediante un sistema chiuso a microonde a bassa pressione opportunamente programmato (EPA 3052).

Le analisi sono state condotte mediante l'impiego di Spettrofotometria ad Emissione Ottica (Varian Liberty AX Sequential ICP-OES 720).

Per il mercurio le analisi sono state condotte mediante l'utilizzo della spettroscopia ad assorbimento atomico (EPA 7471A) con metodo dei Vapori Freddi (Cetac M-7600).

L'accuratezza è stata verificata impiegando il materiale standard di riferimento SRM NIST 2976 *Mussel Tissue* (National Institute of Standards & Technology, USA), che è stato processato con le stesse modalità dei campioni.

### **Idrocarburi Policiclici Aromatici**

Ai fini della determinazione nella matrice biota dei 16 Idrocarburi policiclici Aromatici (IPA) definiti Inquinanti Prioritari dall'agenzia americana EPA (Environmental Protection Agency, US-EPA), si è proceduto secondo il metodo QuEChERS (Quick Easy Cheap Effective Rugged and Safe).

In una provetta monouso da 50 mL sono stati trasferiti 10 g di campione umido omogeneizzato, unendo una barretta di ceramica per rompere gli agglomerati e mantenere omogeneo il campione. Dopo l'aggiunta di 12 mL di acetonitrile la provetta è stata posta su un agitatore orizzontale per 15 minuti. Sono stati in seguito aggiunti 6 g  $MgSO_4$  e 1.5 g di NaCl e, dopo 1 minuto di agitazione, si è proceduto con la centrifugazione per 10 minuti a 5000 giri.

Per la procedura di estrazione in fase solida dispersiva (d-SPE, *dispersive Solid Phase Extraction*), 4 mL del surnatante (acetonitrile) sono stati trasferiti in provetta monouso da 15 mL contenente 400 mg di PSA, 400 mg di C18 *end capped*, 1200 mg  $MgSO_4$ , e dopo una breve agitazione (1 minuto) è stata effettuata una centrifugazione per 10 minuti a 3200 giri.

Circa 1.5 mL del surnatante purificato è stato filtrato su membrane in PVDF con porosità 0.45  $\mu m$  e trasferito in *vial* di vetro.

A questo punto si è proceduto con l'analisi strumentale in cromatografia liquida ad ultraprestazione con rivelatore a fluorescenza (UPLC/FLD Waters Acquity).

La determinazione è stata condotta, quindi, in HPLC/FLD con taratura a cinque punti da 0.1 ng/mL a 100 ng/mL (corrispondenti a 0.12 e 120  $\mu g/kg$  p.u. nel campione di biota).

### **Polichlorobifenili**

Il metodo di riferimento per la determinazione dei PCB è il metodo EPA 1668C (2010).

Il metodo è basato sull'utilizzo della gas cromatografia ad alta risoluzione abbinata alla spettrometria ad alta risoluzione (HRGC/HRMS) per la separazione, l'identificazione e la quantificazione, mediante diluizione isotopica dei PCB, in particolare è applicato alla determinazione dei 12 congeneri diossinasi (77, 81, 105, 114, 118, 123, 125, 156, 157, 167, 169, 189) e 6 congeneri dei PCB indicatori (28, 52, 101, 138, 153, 180) in matrici di varia natura, compreso il biota.

Per diluizione isotopica si intende la tecnica di calcolo dei congeneri di interesse nativi rispetto ai loro analoghi marcati C13.

La procedura di analisi si articola in diverse fasi: preparazione dell'aliquota e aggiunta di standard marcati, estrazione della parte lipidica, purificazione, evaporazione degli estratti e trasferimento in *vial* di iniezione, analisi strumentale.

L'analisi dei campioni è abbinata da un bianco procedurale che deve seguire le stesse procedure a cui sono sottoposti i campioni. I risultati della determinazione del bianco vengono utilizzati per correggere le misure dei campioni o per rilevare errori dovuti all'interferenza di contaminanti presenti nei reagenti.

La preparazione prevede che il campione da analizzare sia liofilizzato prima di essere estratto, per eliminare l'umidità ed aumentare l'efficienza dell'estrazione.

Una volta omogeneizzato il campione, un'aliquota di esso è stata addizionata con una quantità nota dello standard di estrazione contenente i congeneri marcati ed in seguito sottoposta alla liofilizzazione.

Il campione liofilizzato è stato trasferito in una cella per l'estrazione con solvente mediante l'ASE200 (*Accelerated Solvent Extractor*) DIONEX. L'estratto ottenuto è stato filtrato su solfato di sodio anidro in un pallone da *rotavapor*, il solvente concentrato a pochi mL e portato successivamente a secco sotto il flusso dell'azoto per cambio solvente per proseguire con la fase di purificazione.

La purificazione ha previsto due trattamenti: la distruzione della matrice organica/lipidica mediante colonna multistrato, di cui componente principale è la celite impregnata da acido solforico concentrato che agisce da agente che "brucia" la matrice e la successiva purificazione su sistema di colonnine di silice e di allumina ai fini di eliminare/separare l'analita d'interesse da sostanze interferenti. Prima di iniziare il trattamento di purificazione all'estratto è stato aggiunto lo standard marcato di *cleanup*, per poter valutare eventuali perdite di analiti in questa fase.

Nella fase finale l'estratto purificato è stato microconcentrato: dopo la purificazione il solvente del campione è stato evaporato su *rotavapor* a pochi mL, trasferito nella *vial* gc e portato a secco con il flusso di azoto. Prima dell'iniezione è stato aggiunto lo standard di siringa e il campione stato iniettato nel sistema HRGC/HRMS.

## **Pesticidi organoclorurati**

Il metodo di riferimento per la determinazione dei Pesticidi è il metodo UNI EN 15662:2009.

I Pesticidi misurati sono stati i seguenti: Aldrin, Dieldrin, Endrin, Eptacloro epossido A, Eptacloro epossido B, esaclorobenzene (HCB),  $\alpha$ HCH esaclorocicloesano alfa,  $\beta$ HCH esaclorocicloesano beta,  $\gamma$ HCH esaclorocicloesano gamma, DDD, DDT, DDE.

Il principio del metodo prevede l'estrazione con solvente dei pesticidi clorurati da organismi marini, successiva purificazione e determinazione gas-cromatografica.

L'analisi è condotta a partire da 10 g di campione sgusciato tal quale, senza alcun processo di liofilizzazione e si procede secondo il metodo QuEChERS (Quick Easy Cheap Effective Rugged and Safe).

La metodica QuEChERS può essere suddivisa in due parti: la prima consiste nell'omogeneizzazione ed estrazione con acetonitrile; la seconda consiste nelle fasi di purificazione con SPE dispersiva (d-SPE, dispersive solid phase extraction).

Si procede quindi con l'analisi strumentale eseguita con LC-MS/MS costituito da un analizzatore a triplo quadrupolo. La gascromatografia di massa è effettuata utilizzando una colonna modello TG- 5 ms 20metri. Lo strumento è caratterizzato da un TSQ Quantum Ultra prodotto dalla ditta Thermo.

È utilizzato, inoltre, a garanzia del risultato, uno standard di processo.

### **Tributilstagno**

La determinazione del composto organostannico tributilstagno nel biota avviene tramite estrazione assistita in microonde e successiva determinazione mediante HPLC-ICP-MS.

L'estrazione assistita con microonde, o *Microwave-Assisted Extraction* (MAE), è una tecnica di estrazione rapida ed efficiente basata sull'impiego di microonde per riscaldare la miscela campione/solvente allo scopo di facilitare e velocizzare l'estrazione dell'analita.

Il campione (2.0 g circa), dopo essiccazione all'aria, è stato trasferito nei *liner* di estrazione. Ad ogni campione sono stati aggiunti 10 mL di una soluzione estraente (Acetato di Ammonio 0.5 M, Acido Acetico 1 M, in Metanolo). Il campione così trattato è stato quindi sottoposto ad estrazione in microonde a 100 °C per 5 min.

Dopo raffreddamento, ciascun campione è stato filtrato in *vials* da 10 mL e successivamente sottoposto ad evaporazione sotto azoto fino ad un volume di 2 mL (un volume minore provoca intorbidimento della soluzione). I campioni sono stati quindi conservati a -20 °C. Prima dell'analisi strumentale ogni campione è stato diluito di un fattore 2 con acqua Milli-Q.

Per la separazione dei composti organostannici si utilizza un HPLC PerkinElmer Serie 200. Per eseguire le analisi è stata montata una colonna C18 *ultrafast*, con particelle della fase stazionaria di diametro di 1.9 µm. In Tabella 13 si riportano le condizioni analitiche necessarie per l'esecuzione delle analisi.

**Tabella 13 - condizioni analitiche per la separazione dei composti organostannici**

|                |                  |        |
|----------------|------------------|--------|
| <b>Colonna</b> | Fase inversa     | C-18   |
|                | Diametro interno | 2.1 mm |



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|                  |                     |   |
|------------------|---------------------|---|
|                  | Lunghezza           | 8 cm  |
|                  | Diametro particelle | 1.9 $\mu\text{m}$   |
| <b>Eluente</b>   | Composizione        | Acetonitrile:Acqua:Acido Acetico 65:23:12 con aggiunta di TEA allo 0.1% |
|                  | Flusso              | 0.3 mL/min  |
| <b>Iniezione</b> | Volume              | 20 $\mu\text{L}$  |

È stata utilizzata come metodo di taratura la calibrazione esterna, con soluzioni standard aventi concentrazione di 5, 10, 20, 40 e 50  $\mu\text{g/L}$ . Gli standard sono stati preparati direttamente in *vials* di vetro di capacità 1.5 mL.

Sia i campioni sia gli standard sono stati preparati in matrice 50 % acquosa e 50% solvente. Un percentuale maggiore di solvente determina una notevole instabilità del plasma.

La quantificazione dell'analita è stata effettuata mediante spettrometria ICP-MS (ELAN 9000 PerkinElmer), utilizzando gli isotopi più abbondanti dello stagno:  $^{118}\text{Sn}$  e  $^{120}\text{Sn}$ . Sono stati utilizzati un micronebulizzatore PFA e una camera di nebulizzazione ciclonica raffreddata a 2 °C, per minimizzare la quantità di solvente in torcia; l'utilizzo di ossigeno post colonna diminuisce la quantità di sostanza organica che si deposita sull'interfaccia.

## Capitolo 3 - Risultati

### 3.1 Sedimenti

#### 3.1.1 Caratteristiche granulometriche

In Tabella 14 e Tabella 15 sono riportati i risultati delle differenti frazioni granulometriche dei sedimenti campionati nella campagna di maggio 2019, espressi in percentuale. La Figura 4 riporta la rappresentazione della ripartizione in percentuale tra le principali frazioni granulometriche (ghiaie, sabbie e peliti).

Tabella 14 - risultati delle differenti frazioni granulometriche

| Differenti frazioni granulometriche (%) |                    |                    |                   |                   |                   |                  |                   |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Campione                                | 2000 $\mu\text{m}$ | 1000 $\mu\text{m}$ | 500 $\mu\text{m}$ | 250 $\mu\text{m}$ | 125 $\mu\text{m}$ | 63 $\mu\text{m}$ | <63 $\mu\text{m}$ |
| OL01                                    | 2.28               | 3.20               | 2.78              | 2.85              | 9.28              | 8.22             | 71.40             |
| OL02                                    | 0.84               | 0.52               | 1.17              | 3.38              | 0.00              | 0.94             | 93.15             |
| OL03                                    | 0.44               | 0.04               | 3.84              | 3.45              | 6.11              | 3.62             | 82.51             |
| OL04                                    | 0.60               | 1.31               | 1.95              | 1.61              | 3.45              | 0.67             | 90.40             |
| OL05                                    | 0.67               | 1.30               | 2.26              | 3.00              | 10.76             | 8.53             | 73.48             |
| OL06                                    | 4.98               | 4.08               | 4.66              | 5.94              | 12.53             | 5.88             | 61.93             |
| OL07                                    | 7.94               | 16.37              | 9.65              | 10.77             | 14.07             | 7.37             | 33.84             |
| OL08                                    | 44.13              | 10.74              | 9.57              | 6.15              | 5.02              | 2.61             | 21.78             |
| OL09                                    | 23.53              | 30.72              | 20.94             | 10.53             | 4.91              | 1.27             | 8.11              |
| OL10                                    | 1.52               | 1.55               | 2.18              | 3.18              | 11.64             | 11.02            | 68.91             |
| OL11                                    | 1.84               | 3.38               | 3.90              | 4.49              | 7.21              | 7.13             | 72.06             |
| OL12                                    | 1.81               | 3.79               | 4.85              | 4.30              | 7.58              | 4.18             | 73.49             |
| OL13                                    | 0.00               | 1.31               | 2.11              | 1.67              | 4.69              | 4.58             | 85.64             |
| OL14                                    | 5.07               | 1.95               | 7.54              | 5.68              | 16.89             | 20.40            | 42.47             |
| OL15                                    | 6.77               | 3.15               | 7.06              | 14.26             | 13.07             | 5.66             | 50.03             |
| OL16                                    | 26.15              | 15.19              | 10.85             | 7.91              | 7.17              | 3.15             | 29.58             |
| OL17                                    | 1.14               | 1.33               | 3.20              | 18.59             | 50.57             | 11.38            | 13.79             |
| OL18                                    | 1.03               | 2.62               | 2.92              | 2.58              | 6.71              | 9.72             | 74.41             |
| OL19                                    | 10.98              | 16.63              | 21.39             | 10.13             | 8.49              | 10.51            | 21.87             |
| OL20                                    | 10.12              | 10.78              | 19.49             | 16.60             | 5.65              | 3.30             | 34.06             |
| OL21                                    | 5.00               | 3.13               | 2.64              | 2.50              | 9.08              | 14.53            | 63.12             |
| OL22                                    | 23.54              | 9.87               | 9.14              | 9.25              | 9.87              | 2.86             | 35.48             |
| OL23                                    | 0.97               | 2.18               | 2.29              | 2.68              | 6.12              | 9.09             | 76.67             |
| OL24                                    | 35.34              | 11.94              | 12.56             | 13.92             | 14.73             | 5.27             | 6.24              |
| OL25                                    | 0.76               | 2.83               | 4.78              | 3.68              | 4.44              | 2.54             | 80.98             |
| OL26                                    | 13.21              | 17.87              | 14.73             | 15.59             | 27.54             | 6.10             | 4.97              |
| OL27                                    | 12.77              | 3.52               | 5.19              | 25.99             | 34.11             | 11.60            | 6.83              |
| OL28                                    | 3.17               | 0.99               | 1.54              | 3.38              | 42.85             | 39.87            | 8.21              |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

| Differenti frazioni granulometriche (%) |       |       |       |       |       |       |      |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| <b>OL29</b>                             | 1.15  | 3.26  | 7.80  | 41.00 | 32.98 | 6.26  | 7.56 |
| <b>OL30</b>                             | 34.83 | 9.38  | 10.75 | 9.61  | 18.73 | 14.06 | 2.64 |
| <b>OL32</b>                             | 6.59  | 19.49 | 46.91 | 19.82 | 5.51  | 0.83  | 0.84 |

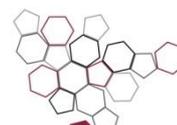
Tabella 15 - risultati delle differenti frazioni granulometriche

| SINTESI (%) |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|
| Campione    | GHIAIE | SABBIE | PELITI |
| <b>OL01</b> | 2.28   | 26.32  | 71.40  |
| <b>OL02</b> | 0.84   | 6.00   | 93.15  |
| <b>OL03</b> | 0.44   | 17.05  | 82.51  |
| <b>OL04</b> | 0.60   | 9.00   | 90.40  |
| <b>OL05</b> | 0.67   | 25.85  | 73.48  |
| <b>OL06</b> | 4.98   | 33.09  | 61.93  |
| <b>OL07</b> | 7.94   | 58.22  | 33.84  |
| <b>OL08</b> | 44.13  | 34.09  | 21.78  |
| <b>OL09</b> | 23.53  | 68.36  | 8.11   |
| <b>OL10</b> | 1.52   | 29.57  | 68.91  |
| <b>OL11</b> | 1.84   | 26.10  | 72.06  |
| <b>OL12</b> | 1.81   | 24.70  | 73.49  |
| <b>OL13</b> | 0.00   | 14.36  | 85.64  |
| <b>OL14</b> | 5.07   | 52.46  | 42.47  |
| <b>OL15</b> | 6.77   | 43.20  | 50.03  |
| <b>OL16</b> | 26.15  | 44.26  | 29.58  |
| <b>OL17</b> | 1.14   | 85.07  | 13.79  |
| <b>OL18</b> | 1.03   | 24.56  | 74.41  |
| <b>OL19</b> | 10.98  | 67.15  | 21.87  |
| <b>OL20</b> | 10.12  | 55.81  | 34.06  |
| <b>OL21</b> | 5.00   | 31.88  | 63.12  |
| <b>OL22</b> | 23.54  | 40.98  | 35.48  |
| <b>OL23</b> | 0.97   | 22.36  | 76.67  |
| <b>OL24</b> | 35.34  | 58.41  | 6.24   |
| <b>OL25</b> | 0.76   | 18.26  | 80.98  |
| <b>OL26</b> | 13.21  | 81.82  | 4.97   |
| <b>OL27</b> | 12.77  | 80.40  | 6.83   |
| <b>OL28</b> | 3.17   | 88.62  | 8.21   |
| <b>OL29</b> | 1.15   | 91.30  | 7.56   |
| <b>OL30</b> | 34.83  | 62.53  | 2.64   |
| <b>OL32</b> | 6.59   | 92.56  | 0.84   |



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

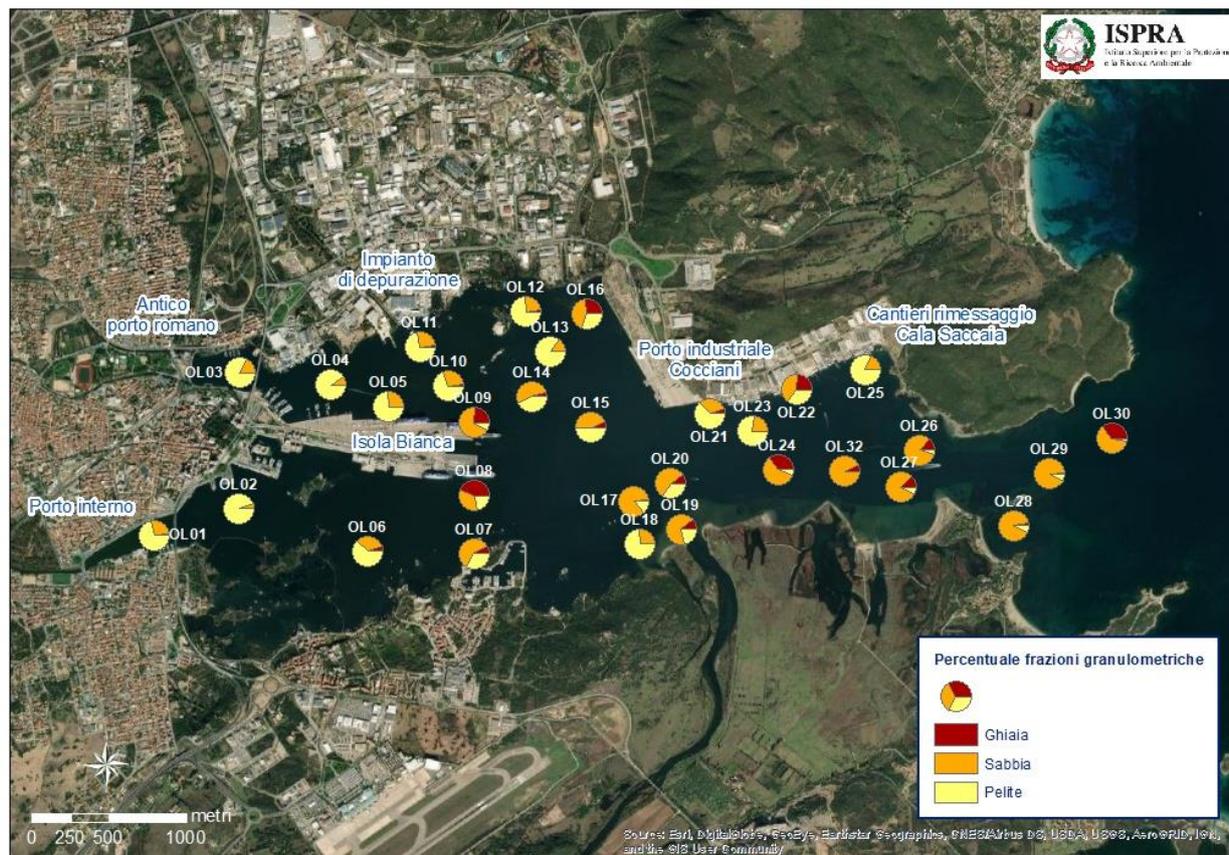


Figura 4 - Percentuali frazioni granulometriche

Per quanto riguarda la composizione granulometrica dei sedimenti prelevati, si evidenzia un'ampia variabilità di composizione tra le differenti stazioni campionate, andando da sedimenti prevalentemente sabbiosi (OL17, OL26, OL27, OL28, OL29, OL32), con evidenti contenuti di ghiaia, a sedimenti prevalentemente pelitici, rinvenuti nei campioni provenienti dalle stazioni più interne del porto (OL01, OL02, OL03, OL04, OL05), quelle poste presso il Porto industriale-Cocciani (OL11, OL12, OL13), OL18 posta in corrispondenza della foce del fiume Padrogianus e infine OL23 ubicata tra i Cantieri/rimessaggio- Cala saccaia e le mitilicoltura.

### 3.1.2 Saggi biologici

#### Saggio biologico con *Vibrio fischeri*

La scala adottata per la quantificazione della tossicità è riportata in Tabella 16 (ICRAM-APAT, 2007).



Tabella 16 - Scala di tossicità acuta utilizzate nel saggio biologico mediante *V. fischeri*

| Valore di S.T.I.     | Valutazione di Tossicità |
|----------------------|--------------------------|
| $S.T.I. \leq 3$      | Assente/trascurabile     |
| $3 < S.T.I. \leq 6$  | Presente                 |
| $6 < S.T.I. \leq 12$ | Elevata                  |
| $S.T.I. > 12$        | Molto elevata            |

Nella Tabella 17 sono riportati i risultati del saggio con *V. fischeri* condotto sui sedimenti con riportando anche l'HQ specifico calcolato con Sediqualssoft®.

Tabella 17 - Risultati del saggio con *V. fischeri*

| Campione | Sabbia < 1mm (%) | Pelite (%) | Soglia Tox Nat. (TU) | Tox Misurata (TU) | Range al 95% di confidenza (TU) | R <sup>2</sup> (%) | S.T.I. | HQ   | Tossicità            |
|----------|------------------|------------|----------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|--------|------|----------------------|
| OL01     | 24,52            | 75,48      | 262                  | 637,01            | 555,02 – 731,22                 | 99,71              | 2,43   | 7,08 | Assente/Trascurabile |
| OL02     | 5,84             | 94,16      | 320                  | 806,995           | 568,78 – 1145,04                | 97,42              | 2,52   | 7,25 | Assente/Trascurabile |
| OL03     | 17,20            | 82,80      | 285                  | 467,194           | 427,21 – 511,15                 | 99,84              | 1,64   | 4,69 | Assente/Trascurabile |
| OL04     | 7,87             | 92,13      | 314                  | 581,769           | 462,68 – 731,97                 | 98,71              | 1,85   | 5,52 | Assente/Trascurabile |
| OL05     | 25,33            | 74,67      | 259                  | 290,340           | 284,82 – 296,10                 | 99,99              | 1,12   | 1,29 | Assente/Trascurabile |
| OL06     | 31,93            | 68,07      | 238                  | 142,363           | 124,14 – 163,22                 | 99,5               | 0,60   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL07     | 55,29            | 44,71      | 165                  | 99,473            | 99,12 – 99,83                   | 100                | 0,60   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL08     | 51,81            | 48,19      | 176                  | 81,655            | 69,95 – 95,32                   | 98,7               | 0,46   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL09     | 84,86            | 15,14      | 73                   | 34,222            | 31,10- 37,66                    | 99,75              | 0,47   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL10     | 28,90            | 71,10      | 248                  | 177,835           | 175,34 – 180,35                 | 100                | 0,72   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL11     | 24,03            | 75,97      | 263                  | 410,668           | 318,64 – 528,99                 | 98,07              | 1,56   | 4,32 | Assente/Trascurabile |
| OL12     | 22,20            | 77,80      | 269                  | 238,963           | 213,07 - 268,01                 | 99,67              | 0,89   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL13     | 13,27            | 86,73      | 297                  | 311,145           | 264,37 -365,93                  | 99,27              | 1,05   | 0,14 | Assente/Trascurabile |
| OL14     | 54,32            | 45,68      | 168                  | 91,851            | 75,56 – 111,68                  | 98,96              | 0,55   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL15     | 44,47            | 55,53      | 199                  | 147,750           | 118,37 – 184,43                 | 98,68              | 0,74   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL16     | 49,54            | 50,46      | 183                  | 174,390           | 160,12 – 189,93                 | 99,81              | 0,95   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL17     | 85,86            | 14,14      | 70                   | 70,608            | 61,64 – 80,89                   | 99,54              | 1,01   | 0,05 | Assente/Trascurabile |
| OL18     | 22,78            | 77,22      | 267                  | 123,573           | 107,88 – 141,56                 | 99,54              | 0,46   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL19     | 70,46            | 29,54      | 118                  | 54,934            | 51,90 – 58,16                   | 99,82              | 0,47   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL20     | 57,46            | 42,54      | 159                  | 84,345            | 67,23 – 105,82                  | 97,14              | 0,53   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL21     | 31,12            | 68,88      | 241                  | 212,249           | 190,18 – 236,87                 | 99,68              | 0,88   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL22     | 46,76            | 53,24      | 192                  | 116,608           | 109,97 – 123,66                 | 99,92              | 0,61   | 0    | Assente/Trascurabile |
| OL23     | 20,88            | 79,12      | 273                  | 321,021           | 305,70 – 337,12                 | 99,97              | 1,18   | 1,8  | Assente/Trascurabile |
| OL24     | 79,26            | 20,74      | 90                   | 68,899            | 68,06 – 69,74                   | 100                | 0,76   | 0    | Assente/Trascurabile |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|             |       |       |     |         |                       |       |             |      |                             |
|-------------|-------|-------|-----|---------|-----------------------|-------|-------------|------|-----------------------------|
| <b>OL25</b> | 15,98 | 84,02 | 288 | 426,320 | 400,92 – 453,43       | 99,95 | <b>1,48</b> | 3,89 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL26</b> | 92,78 | 7,22  | 48  | 10,547  | 9,24 – 12,04          | 99,68 | <b>0,22</b> | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL27</b> | 91,82 | 8,18  | 51  | 23,793  | 19,63 – 28,83         | 99,41 | <b>0,47</b> | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL28</b> | 91,44 | 8,56  | 52  | Massimo | <b>Effetto 30,45%</b> |       |             | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL29</b> | 92,09 | 7,91  | 50  | 17,919  | 16,06 – 19,99         | 99,85 | <b>0,36</b> | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL30</b> | 95,24 | 4,76  | 40  | 7,949   | 6,76 – 9,35           | 99,01 | <b>0,20</b> | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL32</b> | 98,84 | 1,16  | 29  | 3,962   | 3,08 – 5,11           | 99,57 | <b>0,14</b> | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |

Le risultanze evidenziano per il saggio con *Vibrio fischeri* che per stazioni più interne al Golfo di Olbia (OL01, OL02, OL03, OL04) e per la stazione OL25, posta in prossimità del Cantiere rimessaggio Cala Saccaia, i valori di HQ variano da 3,8 a 7,3, indicando una lieve risposta tossica degli organismi ai campioni testati. Tuttavia, tale risposta non è sufficientemente marcata per l'alterazione della classe di qualità, con tossicità che risulta comunque assente/trascurabile per tutti i campioni.

### Saggio biologico con *Acartia tonsa*

Il saggio di sviluppo larvale su fase solida con *A. tonsa* è stato condotto in quattro diversi allestimenti. In Tabella 18 sono riportati i valori dei parametri di validazione ottenuti nei diversi allestimenti (test).

Tabella 18 - Parametri di validazioni delle prove condotte con *A. tonsa*

| Parametro  | Valore richiesto | Valori ottenuti          |                              |                         |                              |
|--|------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
|  |                  | Test I                   | Test II                      | Test III                | Test IV                      |
| Media schiusa uova valutata nei cristallizzatori (%)   | ≥ 75             | <b>84,29 ± 2,40</b>      | <b>79,78 ± 5,19</b>          | <b>84,48 ± 3,53</b>     | <b>75,78 ± 8,03</b>          |
| LDR ratio medio nel Controllo negativo a fine test     | ≥ 0,3            | <b>0,52 ± 0,08</b>       | <b>0,57 ± 0,10</b>           | <b>0,66 ± 0,11</b>      | <b>0,73 ± 0,09</b>           |
| LDR ratio medio nel Sedimento di Controllo a fine test |                  | <b>0,60 ± 0,05</b>       | <b>0,64 ± 0,07</b>           | <b>0,71 ± 0,16</b>      | <b>0,77 ± 0,08</b>           |
| EC50 Inibizione Controllo Positivo 3,5-DCP (µg/L)      | 33-380 µg/L      | <b>186 (138,5-232,9)</b> | <b>68,3 (-144,5 - 281,1)</b> | <b>Prova non svolta</b> | <b>352,8 (300,6 - 404,9)</b> |

I parametri relativi ai controlli (in acqua e con il sedimento di controllo) hanno registrato per tutti gli allestimenti valori in accordo con quanto richiesto dal protocollo. Per quanto riguarda la prova con il tossico di riferimento, questa è stata condotta in soli 3 allestimenti e, in tutti i casi, ha dato valori di EC50 che rientrano nell'intervallo richiesto.

I risultati del test sono quindi ritenuti accettabili.

Le percentuali di Inibizione sono state utilizzate per determinare la classe di tossicità utilizzando la classificazione riportata in Tabella 19.

Tabella 19 - Scala tossicità test LDR con *A. tonsa*

| Valore di Inibizione  | Valutazione di Tossicità    |
|-----------------------|-----------------------------|
| $I \leq 25 \%$        | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| $25\% < I \leq 40 \%$ | <b>Media</b>                |
| $40\% < I \leq 75 \%$ | <b>Alta</b>                 |
| $I > 75 \%$           | <b>Molto Alta</b>           |

Di seguito, nella Tabella 20, vengono riportati i risultati del saggio di sviluppo larvale con *Acartia tonsa* in presenza di sedimento condotto sui campioni analizzati riportando anche l'HQ specifico calcolato con Sediqualssoft®.

Tabella 20 - risultati del saggio di sviluppo larvale con *A. tonsa*

| Campione | Inibizione sviluppo (%) |        |        |        |        |               |       | HQ   | Tossicità                   |
|----------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|-------|------|-----------------------------|
|          | 1                       | 2      | 3      | 4      | 5      | M             | DS    |      |                             |
| OL01     | 5,98                    | -4,23  | -5,97  | -21,95 | 3,16   | <b>-4,60</b>  | 10,90 | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL02     | -13,98                  | -7,35  | -12,45 | -8,30  | -7,83  | <b>-9,98</b>  | 3,02  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL03     | -12,51                  | -19,90 | -3,91  | 14,16  | -0,72  | <b>-4,58</b>  | 12,89 | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL04     | -22,40                  | -16,57 | -13,86 | -16,57 | -18,18 | <b>-17,51</b> | 3,14  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL05     | 28,71                   | 41,91  | 32,27  | 8,06   | -18,59 | <b>18,47</b>  | 24,12 | 0,37 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL06     | 1,41                    | 42,22  | -12,03 | 39,01  | 0,19   | <b>14,16</b>  | 24,74 | 0,21 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL07     | -13,42                  | -19,09 | -23,57 | -9,39  | -16,94 | <b>-16,48</b> | 5,40  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL08     | -11,31                  | 30,99  | -16,51 | -10,21 | -26,48 | <b>-6,70</b>  | 22,03 | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL09     | -15,32                  | -2,55  | -17,63 | -18,98 | -34,43 | <b>-17,78</b> | 11,37 | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL10     | -11,11                  | -16,46 | -1,45  | -10,37 | -2,08  | <b>-8,29</b>  | 6,41  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL11     | -14,78                  | -18,57 | -15,09 | -16,46 | -11,80 | <b>-15,34</b> | 2,48  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL12     | 16,15                   | -12,65 | -9,56  | -20,77 | -15,09 | <b>-8,38</b>  | 14,32 | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL13     | 24,72                   | 38,63  | 27,61  | 9,70   | -3,07  | <b>19,52</b>  | 16,31 | 0,78 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL14     | 0,19                    | -6,43  | -8,58  | -2,93  | 3,87   | <b>-2,77</b>  | 5,00  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL15     | -25,54                  | -9,28  | 5,24   | -19,90 | 1,06   | <b>-9,68</b>  | 13,17 | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL16     | -16,57                  | -15,77 | -17,20 | -5,63  | 2,69   | <b>-10,49</b> | 8,76  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL17     | -9,56                   | -23,19 | -0,33  | -11,80 | -10,37 | <b>-11,05</b> | 8,15  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL18     | -16,46                  | -20,00 | -13,04 | -7,14  | -13,42 | <b>-14,01</b> | 4,75  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL19     | -4,35                   | -17,39 | -8,69  | 0,62   | -4,35  | <b>-6,83</b>  | 6,76  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL20     | -13,32                  | -9,34  | -20,75 | -16,67 | 8,95   | <b>-10,23</b> | 11,52 | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| OL21     | -5,86                   | -19,90 | -10,94 | -24,34 | -4,91  | <b>-13,19</b> | 8,61  | 0    | <b>Assente/Trascurabile</b> |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|             |        |        |        |        |        |               |       |   |                             |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|-------|---|-----------------------------|
| <b>OL22</b> | -21,23 | 1,06   | -17,20 | -11,19 | -17,94 | <b>-13,30</b> | 8,81  | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL23</b> | 9,08   | -9,28  | -8,09  | 11,29  | -3,78  | <b>-0,16</b>  | 9,69  | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL24</b> | -5,29  | -20,75 | 0,38   | -21,07 | 5,76   | <b>-8,19</b>  | 12,25 | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL25</b> | -13,04 | -10,37 | -0,33  | -4,35  | -13,60 | <b>-8,34</b>  | 5,79  | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL26</b> | -4,17  | -13,65 | 0,92   | -20,92 | -3,62  | <b>-8,29</b>  | 8,83  | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL27</b> | -26,79 | -25,96 | -27,72 | -24,53 | -27,98 | <b>-26,60</b> | 1,41  | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL28</b> | -20,00 | -25,21 | -18,20 | -10,67 | -16,94 | <b>-18,20</b> | 5,26  | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL29</b> | -14,13 | -19,56 | -7,14  | -15,94 | -4,98  | <b>-12,35</b> | 6,11  | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL30</b> | -23,77 | -19,11 | -20,75 | -27,18 | -20,06 | <b>-22,17</b> | 3,30  | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| <b>OL32</b> | 6,15   | -25,54 | -4,54  | -15,63 | -16,52 | <b>-11,21</b> | 12,24 | 0 | <b>Assente/Trascurabile</b> |

Le risultanze evidenziano per il saggio di sviluppo larvale su sedimento con *Acartia tonsa* che ad eccezione di soli tre campioni (OL05, OL06 e OL13) che hanno dato un HQ di 0.1, tutti gli altri campioni hanno fatto registrare HQ zero. In termini di Inibizione dello sviluppo larvale, tutti i campioni hanno dato tossicità assente/trascurabile.

### Saggio biologico con *Phaeodactylum tricornutum*

Il saggio di crescita algale con *P. tricornutum* condotto sugli elutriati scongelati dei sedimenti campionati è stato condotto in un'unica soluzione. I parametri relativi al controllo negativo (fattore di crescita 92,15, tasso di crescita 1,51 d<sup>-1</sup> e coefficiente di variazione del tasso di crescita 1,72%) hanno rispettato le soglie di accettabilità riportate sul protocollo UNI EN ISO 10253 (2006) (rispettivamente > 16 per il fattore di crescita, > 0,9 per il tasso di crescita e < 5% per il coefficiente di variazione del tasso di crescita). Per quanto riguarda il controllo positivo con il tossico di riferimento è stato stimato un EC50 pari a 18,9 (16,0 – 21,8) mg/L, valore che rientra nell'intervallo di accettabilità riportato sul protocollo UNI EN ISO 10253 (2006) (14,8 – 25,4 mg/L). I risultati del test sono quindi ritenuti accettabili.

Nella Tabella 21 è riportata la scala di tossicità utilizzata per la determinazione della qualità dei campioni testati sulla base delle percentuali di Inibizione della crescita dell'alga *Phaeodactylum tricornutum*.

Tabella 21 - Scala di tossicità\* utilizzata nel saggio biologico con *P. tricornutum* (\*Scala di tossicità interna ISPRA)

| Valore di Inibizione    | Valutazione di Tossicità    |
|-------------------------|-----------------------------|
| $I \leq -50\%$          | <b>Biostimolazione</b>      |
| $-50\% < I < 20\%$      | <b>Assente/Trascurabile</b> |
| $20\% \leq I \leq 50\%$ | <b>Moderata</b>             |

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| $50\% \leq I \leq 80\%$ | <b>Alta</b>       |
| $80\% < I \leq 100\%$   | <b>Molto Alta</b> |

La Tabella 22 riporta i valori di Inibizione della crescita a 72h, di HQ specifico calcolato con Sediqualssoft® in accordo al D.M. 173/2016 e il giudizio di tossicità per tutti i campioni analizzati.

Tabella 22 - risultati del saggio di crescita dell'alga *Phaeodactylum tricornutum*

| Campione | Inibizione Crescita algale I (%) |        |        |               |      | HQ   | Tossicità            |
|----------|----------------------------------|--------|--------|---------------|------|------|----------------------|
|          | 1                                | 2      | 3      | M             | DS   |      |                      |
| OL01     | -8,06                            | -9,79  | -8,44  | <b>-8,76</b>  | 0,91 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL02     | -14,84                           | -17,32 | -16,10 | <b>-16,09</b> | 1,24 | 1,54 | Assente/trascurabile |
| OL03     | -13,34                           | -14,81 | -15,31 | <b>-14,49</b> | 1,03 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL04     | -10,61                           | -13,47 | -12,37 | <b>-12,15</b> | 1,45 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL05     | -32,76                           | -32,83 | -32,65 | <b>-32,74</b> | 0,09 | 1,54 | Assente/trascurabile |
| OL06     | -6,94                            | -7,51  | -5,67  | <b>-6,71</b>  | 0,94 | 0    | Assente/trascurabile |
| OL07     | -7,09                            | -6,65  | -5,88  | <b>-6,54</b>  | 0,61 | 0    | Assente/trascurabile |
| OL08     | -7,40                            | -5,12  | -10,72 | <b>-7,75</b>  | 2,81 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL09     | -10,58                           | -13,37 | -11,95 | <b>-11,97</b> | 1,39 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL10     | -12,12                           | -14,05 | -15,01 | <b>-13,73</b> | 1,47 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL11     | -10,34                           | -12,30 | -10,06 | <b>-10,90</b> | 1,22 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL12     | -12,01                           | -10,06 | -9,95  | <b>-10,67</b> | 1,16 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL13     | -2,47                            | -4,66  | -4,18  | <b>-3,77</b>  | 1,15 | 0    | Assente/trascurabile |
| OL14     | -9,08                            | -9,79  | -11,95 | <b>-10,27</b> | 1,49 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL15     | -6,70                            | -7,30  | -9,16  | <b>-7,72</b>  | 1,28 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL16     | -10,19                           | -8,81  | -8,89  | <b>-9,30</b>  | 0,77 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL17     | -9,59                            | -9,99  | -10,95 | <b>-10,17</b> | 0,70 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL18     | -2,25                            | -4,63  | -3,66  | <b>-3,51</b>  | 1,19 | 0    | Assente/trascurabile |
| OL19     | -12,23                           | -14,80 | -12,84 | <b>-13,29</b> | 1,34 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL20     | -6,96                            | -6,77  | -8,10  | <b>-7,28</b>  | 0,72 | 0    | Assente/trascurabile |
| OL21     | -14,68                           | -16,63 | -12,30 | <b>-14,54</b> | 2,17 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL22     | -16,28                           | -14,30 | -16,57 | <b>-15,72</b> | 1,23 | 1,54 | Assente/trascurabile |
| OL23     | -1,91                            | -5,32  | -3,91  | <b>-3,71</b>  | 1,71 | 0    | Assente/trascurabile |
| OL24     | -13,14                           | -15,43 | -15,04 | <b>-14,54</b> | 1,23 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL25     | -7,13                            | -5,41  | -9,59  | <b>-7,38</b>  | 2,10 | 0    | Assente/trascurabile |
| OL26     | -11,51                           | -10,30 | -8,77  | <b>-10,19</b> | 1,37 | 1,29 | Assente/trascurabile |
| OL27     | -1,86                            | -0,96  | -3,31  | <b>-2,04</b>  | 1,18 | 0    | Assente/trascurabile |
| OL28     | -6,15                            | -7,60  | -7,26  | <b>-7,00</b>  | 0,76 | 0    | Assente/trascurabile |



|             |       |       |       |              |      |     |                             |
|-------------|-------|-------|-------|--------------|------|-----|-----------------------------|
| <b>OL29</b> | -6,36 | -2,98 | -1,12 | <b>-3,49</b> | 2,66 | 0   | <b>Assente/trascurabile</b> |
| <b>OL30</b> | -5,37 | -4,48 | -2,75 | <b>-4,20</b> | 1,33 | 0   | <b>Assente/trascurabile</b> |
| <b>OL32</b> | 1,43  | 3,43  | -0,15 | <b>1,57</b>  | 1,79 | 0,2 | <b>Assente/trascurabile</b> |

Per quanto riguarda i valori HQ calcolati dal Sediquasoft®, tre campioni (OL02, OL05 e OL22) hanno fatto registrare il valore massimo (1,5), oltre la metà (16) dei campioni analizzati ha dato un valore di 1,3, un solo campione ha dato 1,2 mentre i restanti hanno dato un quoziente di rischio nullo.

In termini di inibizione della crescita algale, percentuali negative, registrate per la maggior parte dei campioni analizzati, indicano un tasso di crescita più elevato rispetto al controllo, probabilmente indotto da nutrienti presenti nei sedimenti e passati nell'elutriato; tuttavia, tali valori di biostimolazione si mantengono sotto il limite di -50% e fanno rientrare tutti i campioni nella classe di tossicità assente/trascurabile.

#### **Saggio biologico con *Crassostrea gigas* (Ostrica)**

In Tabella 23 è riportata la scala di tossicità utilizzata per la valutazione della classe di pericolo ecotossicologica degli elutriati analizzati con il saggio di embriotossicità con *C. gigas*. Detta scala di tossicità si basa sull'approccio di calcolo dell'algoritmico del sediquasoft, rapportando i valori di HQ in una scala 1 a 10, che differiscono dall'HQ specifico ottenuto mediante il tool Sediquasoft®. (max HQ specifico=6,21)

**Tabella 23 - Classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ (Hazard Quotient) per il saggio biologico con *C. gigas***

| Valori di HQ | Classe di pericolo |
|--------------|--------------------|
| HQ < 1       | <b>Assente</b>     |
| 1 ≤ HQ < 1,5 | <b>Basso</b>       |
| 1,5 ≤ HQ < 3 | <b>Medio</b>       |
| 3 ≤ HQ < 6   | <b>Alto</b>        |
| 6 ≤ HQ < 10  | <b>Molto Alto</b>  |

Il saggio di embriotossicità con *C. gigas* ha mostrato un controllo negativo pari a  $91.2 \pm 3\%$  (superando la soglia di accettabilità del test fissata all'80%), mentre per controllo positivo è stato stimato un EC50 pari a 29,6 (27,4 – 31,7) µg/L. (Tabella 24). Tale valore che rientra nella carta di controllo di laboratorio (23,1 – 35,0 µg/L), pertanto i risultati del saggio risultano accettabili e sono riportati in Tabella 25 con HQ unitamente con la classificazione secondo il criterio della tabella 23.

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'AmbienteTabella 24 - Risultati del controllo negativo e positivo del saggio di embriotossicità con *C. gigas*

|                                    |           | Embrioni normoformati (%) |    |     |    |    |    |              | EC50 (Limiti di<br>confidenza al<br>95%) (µg/L) |                               |
|------------------------------------|-----------|---------------------------|----|-----|----|----|----|--------------|---|-------------------------------|
|                                    |           | I                         | II | III | VI | V  | VI | M            |   | DS                            |
| <b>Controllo negativo</b>          |           | 95                        | 95 | 91  | 94 | 91 | 87 | <b>92,17</b> | 3,13  | <b>29,6<br/>(27,4 – 31,7)</b> |
| <b>CuNO<sub>3</sub><br/>(µg/L)</b> | <b>6</b>  | 83                        | 80 | 84  |    |    |    | <b>82,33</b> | 2,08  |                               |
|                                    | <b>12</b> | 80                        | 75 | 75  |    |    |    | <b>76,67</b> | 2,89  |                               |
|                                    | <b>18</b> | 64                        | 66 | 69  |    |    |    | <b>66,33</b> | 2,52  |                               |
|                                    | <b>30</b> | 14                        | 22 | 13  |    |    |    | <b>16,33</b> | 4,93  |                               |
|                                    | <b>50</b> | 0                         | 0  | 0   |    |    |    | <b>0,00</b>  | 0,00  |                               |

Tabella 25 - Risultati del saggio di embriotossicità su elutriato con l'ostrica *C. gigas*

| Campione | Embrioni normoformati (%) |    |     |              |      | HQ   | Classe di pericolo |
|----------|---------------------------|----|-----|--------------|------|------|--------------------|
|          | I                         | II | III | M            | DS   |      |                    |
| OL01     | 89                        | 79 | 82  | <b>83,33</b> | 5,13 | 0,16 | Assente            |
| OL02     | 29                        | 20 | 17  | <b>22,00</b> | 6,24 | 7,62 | Molto Alto         |
| OL03     | 8                         | 12 | 4   | <b>8,00</b>  | 4,00 | 9,07 | Molto Alto         |
| OL04     | 1                         | 6  | 2   | <b>3,00</b>  | 2,65 | 9,66 | Molto Alto         |
| OL05     | 16                        | 28 | 13  | <b>19,00</b> | 7,94 | 7,92 | Molto Alto         |
| OL06     | 57                        | 56 | 66  | <b>59,67</b> | 5,51 | 3,53 | Alto               |
| OL07     | 94                        | 94 | 98  | <b>95,33</b> | 2,31 | 0,00 | Assente            |
| OL08     | 73                        | 81 | 78  | <b>77,33</b> | 4,04 | 1,61 | Medio              |
| OL09     | 94                        | 97 | 96  | <b>95,67</b> | 1,53 | 0,00 | Assente            |
| OL10     | 94                        | 98 | 95  | <b>95,67</b> | 2,08 | 0,00 | Assente            |
| OL11     | 92                        | 91 | 93  | <b>92,00</b> | 1,00 | 0,00 | Assente            |
| OL12     | 86                        | 95 | 95  | <b>92,00</b> | 5,20 | 0,00 | Assente            |
| OL13     | 86                        | 87 | 91  | <b>88,00</b> | 2,65 | 0,10 | Assente            |
| OL14     | 86                        | 83 | 85  | <b>84,67</b> | 1,53 | 0,81 | Assente            |
| OL15     | 95                        | 91 | 90  | <b>92,00</b> | 2,65 | 0,00 | Assente            |
| OL16     | 88                        | 85 | 89  | <b>87,33</b> | 2,08 | 0,10 | Assente            |
| OL17     | 91                        | 90 | 91  | <b>90,67</b> | 0,58 | 0,05 | Assente            |
| OL18     | 93                        | 92 | 91  | <b>92,00</b> | 1,00 | 0,00 | Assente            |
| OL19     | 91                        | 91 | 93  | <b>91,67</b> | 1,15 | 0,02 | Assente            |
| OL20     | 94                        | 92 | 94  | <b>93,33</b> | 1,15 | 0,00 | Assente            |
| OL21     | 92                        | 90 | 92  | <b>91,33</b> | 1,15 | 0,02 | Assente            |
| OL22     | 81                        | 89 | 85  | <b>85,00</b> | 4,00 | 0,13 | Assente            |
| OL23     | 80                        | 88 | 88  | <b>85,33</b> | 4,62 | 0,11 | Assente            |
| OL24     | 83                        | 90 | 90  | <b>87,67</b> | 4,04 | 0,10 | Assente            |
| OL25     | 88                        | 89 | 90  | <b>89,00</b> | 1,00 | 0,08 | Assente            |
| OL26     | 91                        | 92 | 87  | <b>90,00</b> | 2,65 | 0,06 | Assente            |
| OL27     | 85                        | 85 | 85  | <b>85,00</b> | 0,00 | 0,77 | Assente            |
| OL28     | 92                        | 90 | 90  | <b>90,67</b> | 1,15 | 0,05 | Assente            |



**ISPRA**

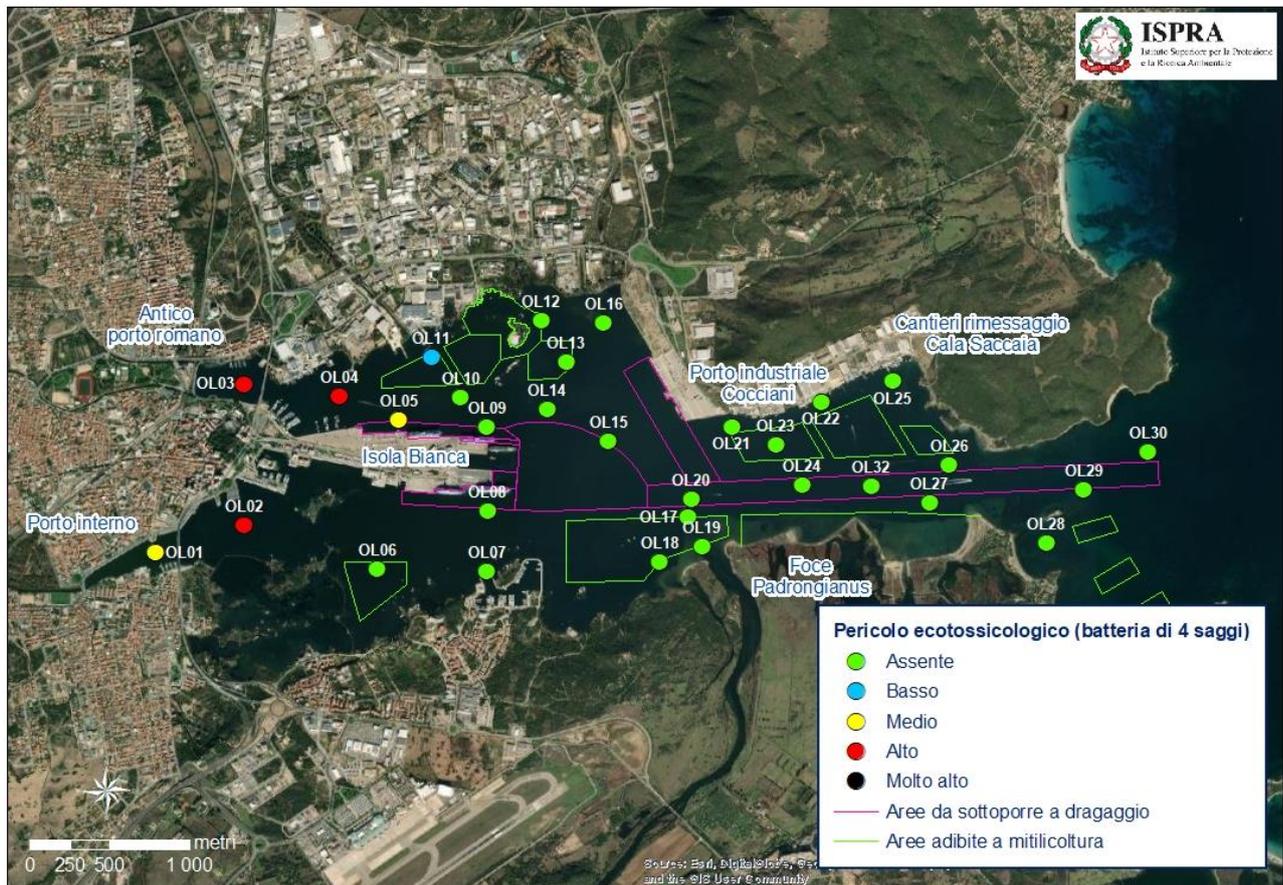
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|             |    |    |    |              |      |      |                |
|-------------|----|----|----|--------------|------|------|----------------|
| <b>OL29</b> | 91 | 91 | 93 | <b>91,67</b> | 1,15 | 0,02 | <b>Assente</b> |
| <b>OL30</b> | 94 | 92 | 94 | <b>93,33</b> | 1,15 | 0,00 | <b>Assente</b> |
| <b>OL32</b> | 92 | 90 | 92 | <b>91,33</b> | 1,15 | 0,02 | <b>Assente</b> |

I campioni testati hanno mostrato nella maggior parte dei casi un livello di pericolo assente, con percentuali di embrioni normoformati simili al controllo negativo. Fanno eccezione i campioni OL02, OL03, OL04, OL05, che mostrano un livello di pericolo molto alto. Il campione OL06 mostra invece un livello di pericolo alto, mentre OL08 un livello di pericolo basso (Tabella 25). Da questi risultati emerge quindi una tossicità legata esclusivamente ai sedimenti superficiali della zona più interna del Golfo di Olbia, come si desume dalla rappresentazione cartografica (Fig.6).



**Figura 6: Pericolo ecotossicologico**

In particolare, la tossicità più alta è stata riscontrata in corrispondenza del Porto Antico Romano, all'ingresso dell'Isola Bianca e nei pressi del Porto Interno. Da ricordare come queste aree siano caratterizzate da bassi fondali, allo sbocco di una piana ricca d'acque, a tratti paludosa. Tali aree sono

quindi soggette ad una circolazione ridotta per la presenza delle banchine di Isola Bianca e apporti anche delle acque interne cittadine.

In base ai risultati dei saggi biologici e alle peculiarità del territorio, sono stati ritenuti di interesse alcuni approfondimenti di carattere chimico (contaminanti organici ed inorganici) riguardo i sedimenti delle seguenti 12 stazioni: OL01, OL02, OL03, OL04, OL05, OL06, OL08, OL13, OL18, OL22, OL26 e OL28.

### 3.1.3 Parametri chimici

#### Elementi in tracce e sostanza organica

La valutazione della concentrazione dei parametri chimici (organici e inorganici) è stata fatta confrontando i risultati con i Livelli Chimici di Riferimento (L1, L2) riportati nell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016 (Tab.26).

Tabella 26: 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               |
| Cromo VI                     | 2                                | 2                 |
| Rame                         | 40                               | 52                |
| Mercurio                     | 0,3                              | 0,80              |
| Nichel                       | 30                               | 75                |
| Piombo                       | 30                               | 70                |
| Zinco                        | 100                              | 150               |
| <b>Contaminanti Organici</b> | <b>[µg kg<sup>-1</sup>] p.s.</b> |                   |
| Composti organostannici      | 5 <sup>(1)</sup>                 | 72 <sup>(2)</sup> |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|                               |                    |                  |
|-------------------------------|--------------------|------------------|
| $\sum$ PCB <sup>(3)</sup>     | 8                  | 60               |
| $\sum$ DDD <sup>(4)</sup>     | 0,8                | 7,8              |
| $\sum$ DDE <sup>(4)</sup>     | 1,8                | 3,7              |
| $\sum$ DDT <sup>(4)</sup>     | 1,0                | 4,8              |
| Aldrin                        | 0,2                | 10 <sup>7</sup>  |
| <b>PARAMETRO</b>              | <b>L1</b>          | <b>L2</b>        |
| Dieldrin                      | 0,7                | 4,3              |
| Endrin                        | 2,7                | 10               |
| Idrocarburi C>12              | Non<br>disponibile | 50000            |
| $\sum$ IPA(16) <sup>(5)</sup> | 9000               | 4000             |
| Fenantrene                    | 87                 | 544              |
| Antracene                     | 24                 | 245              |
| Fluorantene                   | 110                | 1494             |
| Pirene                        | 153                | 1398             |
| Benzo(a)- antracene           | 75                 | 500              |
| Crisene                       | 108                | 846              |
| Benzo(b)-<br>fluorantene      | 40                 | 500 <sup>7</sup> |
| Benzo(k)-<br>fluorantene      | 20                 | 500 <sup>7</sup> |
| Benzo(a)- pirene              | 30                 | 100              |
| Indenopirene                  | 70                 | 100 <sup>7</sup> |
| Benzo(ghi)- perilene          | 55                 | 100 <sup>7</sup> |
| $\alpha$ -HCH                 | 0,2                | 10 <sup>7</sup>  |
| $\beta$ -HCH                  | 0,2                | 10 <sup>7</sup>  |
| $\gamma$ -HCH (Lindano)       | 0,2                | 1,0              |

<sup>(1)</sup> Riferito al solo TBT<sup>(2)</sup> Riferito alla sommatoria MBT, DBT, TBT<sup>(3)</sup> come sommatoria dei seguenti congeneri: 28,52, 77, 81, 101,118, 126,128, 138, 153, 156, 169, 180;<sup>(4)</sup> come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4;<sup>(5)</sup> 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

In Tab. 27 sono riportati i risultati dell'analisi degli elementi in tracce e della sostanza organica nei sedimenti selezionati per gli approfondimenti di carattere chimico tra i 31 prelevati nell'area d'indagine nella campagna di maggio 2019.

Tabella 27: Risultati delle analisi metalli degli elementi in tracce (mg/kg s.s.) e della sostanza organica (g/kg) nei sedimenti prelevati nella fase di gestione (maggio 2019)

| Campione | As   | Cu           | Cd    | Cr           | Ni    | Pb    | Zn           | Hg    | S.O.* |
|----------|------|--------------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| OL01     | 5,1  | <b>41,81</b> | 0,231 | <b>51,34</b> | 12,84 | 19,97 | <b>196,6</b> | 0,17  | 0,057 |
| OL02     | 8,5  | <b>59,86</b> | 0,162 | <b>64,67</b> | 17,27 | 20,49 | <b>169,2</b> | 0,21  | 0,066 |
| OL03     | 7,5  | <b>67,71</b> | 0,086 | <b>63,28</b> | 16,49 | 24,2  | <b>205,6</b> | 0,15  | 0,251 |
| OL04     | 7,5  | <b>64,47</b> | 0,048 | <b>64,13</b> | 19,53 | 20,48 | <b>186,4</b> | 0,23  | 0,061 |
| OL05     | 7,1  | <b>47,17</b> | 0,039 | <b>63,41</b> | 14,34 | 17,14 | <b>146,2</b> | 0,091 | 0,059 |
| OL06     | 11,2 | 33,87        | 0,095 | <b>51,76</b> | 14,04 | 16,77 | <b>144,3</b> | 0,11  | 0,039 |
| OL08     | 7,5  | 30,31        | 0,024 | 41,31        | 11,55 | 13,27 | 59,44        | 0,036 | 0,022 |
| OL13     | 8,4  | <b>46,75</b> | 0,061 | <b>63,75</b> | 17,02 | 16,9  | <b>159,2</b> | 0,089 | 0,051 |
| OL18     | 5,9  | <b>41,03</b> | 0,144 | <b>51,33</b> | 14,35 | 15,54 | <b>142,4</b> | 0,093 | 0,065 |
| OL22     | 6,4  | <b>47,75</b> | 0,046 | 47,99        | 11,27 | 13,69 | 66,81        | 0,059 | 0,029 |
| OL26     | 2,6  | 2,716        | 0,003 | 3,6          | 0,885 | 1,88  | 8,11         | 0,007 | 0,021 |
| OL28     | 2,7  | 4,701        | 0,01  | 21,36        | 4,333 | 3,274 | 24,34        | 0,01  | 0,714 |

In **grassetto** i valori >L1; in *corsivo grassetto* i valori >L2

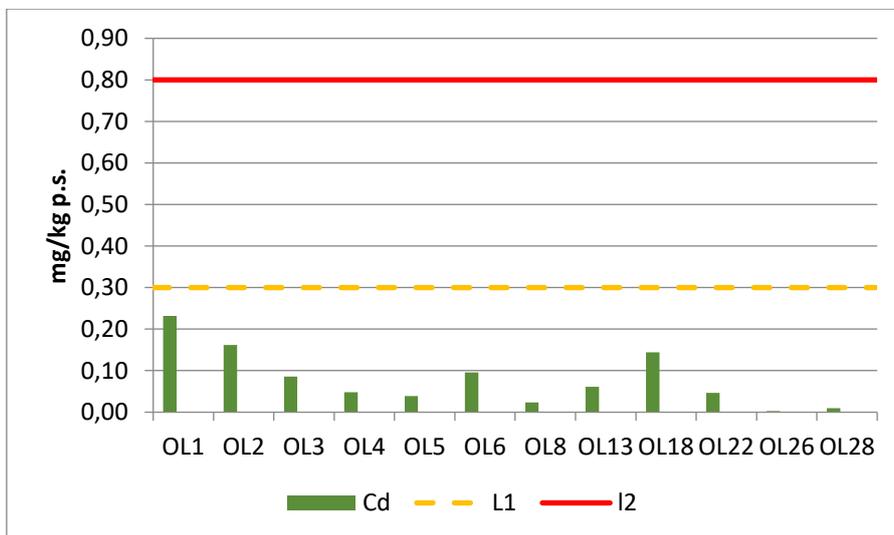
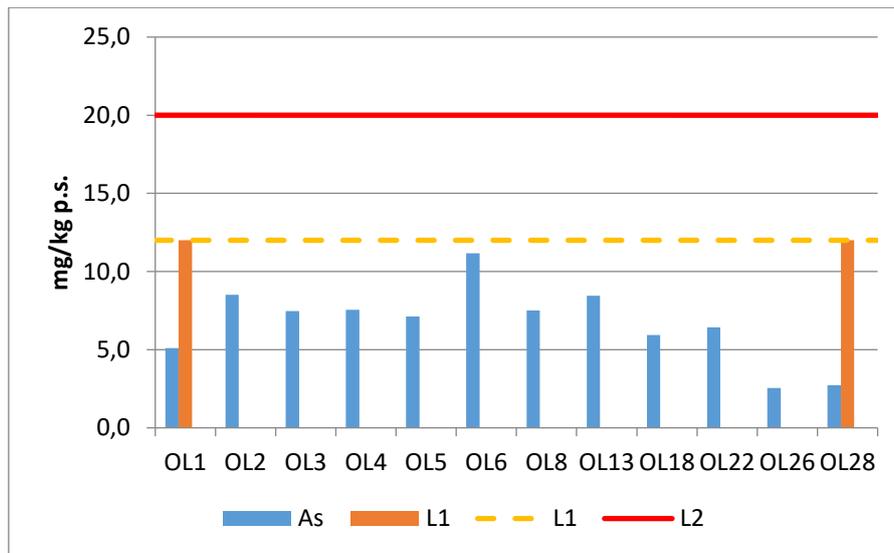
L'accuratezza della metodica rispetto a materiali certificati (sedimento portuale; LGC 6137 Promochem) viene riportata di seguito.

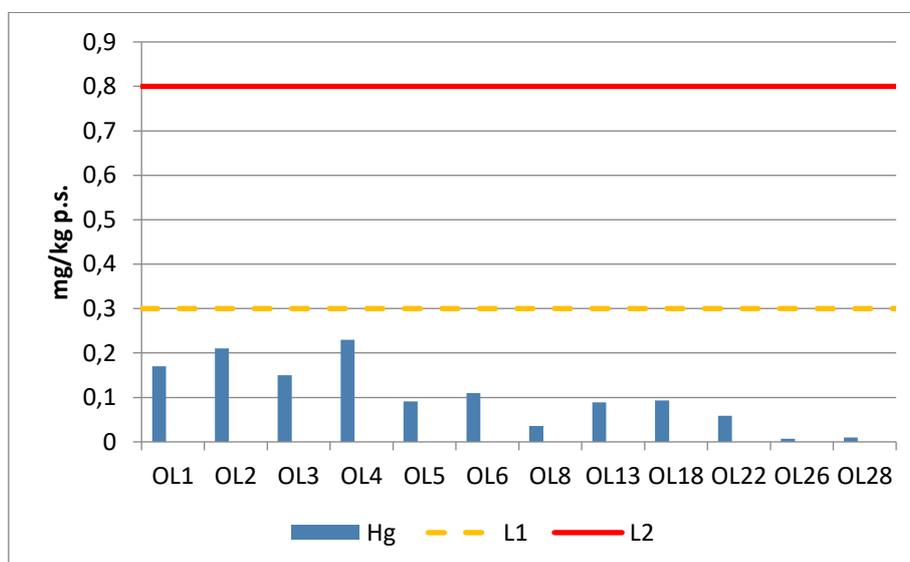
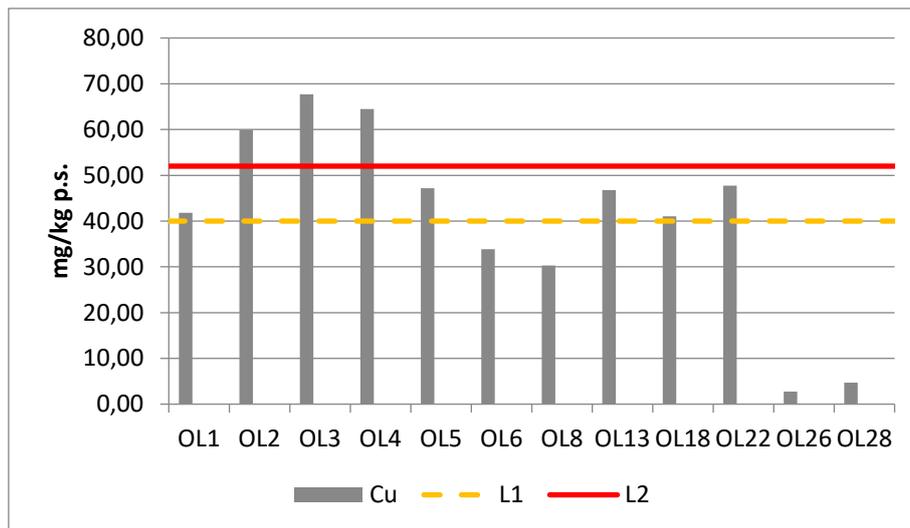
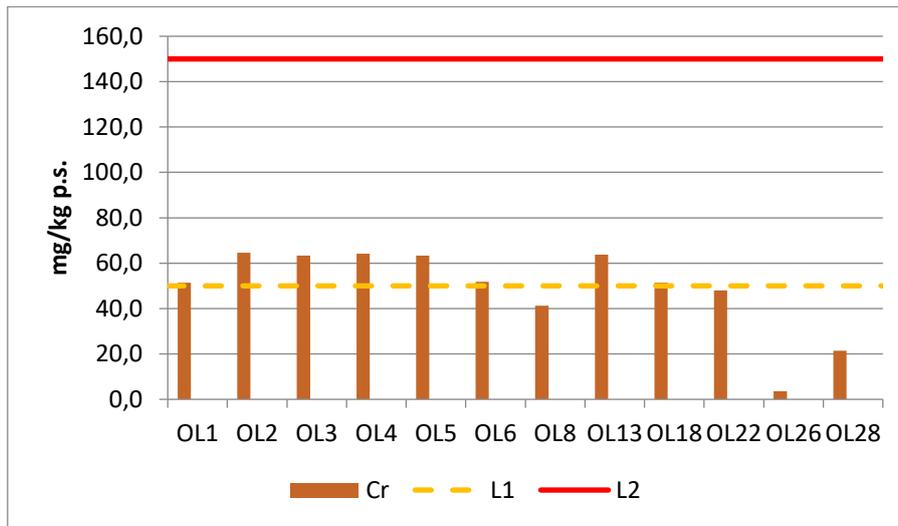
| % RECUPERO | As | Cd | Cr  | Cu | Hg  | Ni  | Pb | Zn  |
|------------|----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|
| LGC        | 88 | 98 | 101 | 99 | 101 | 105 | 95 | 107 |

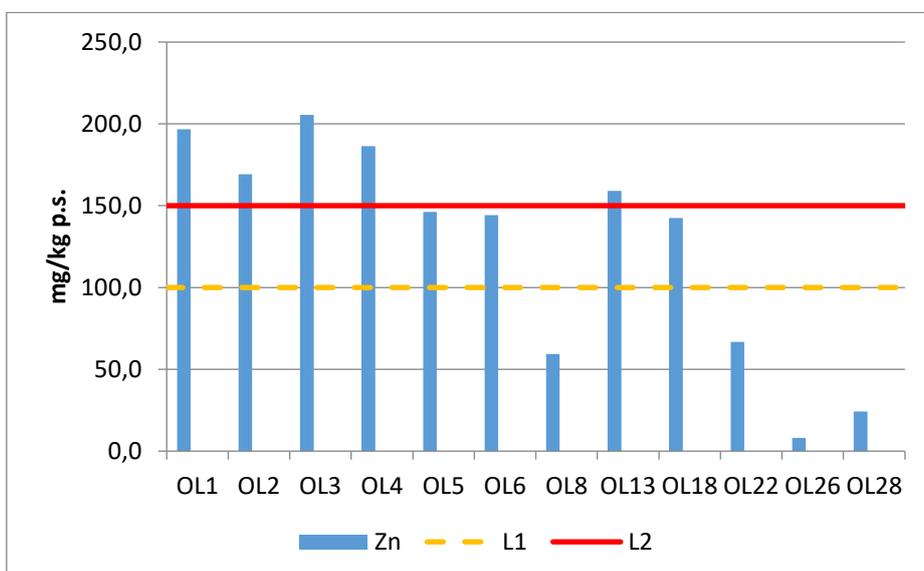
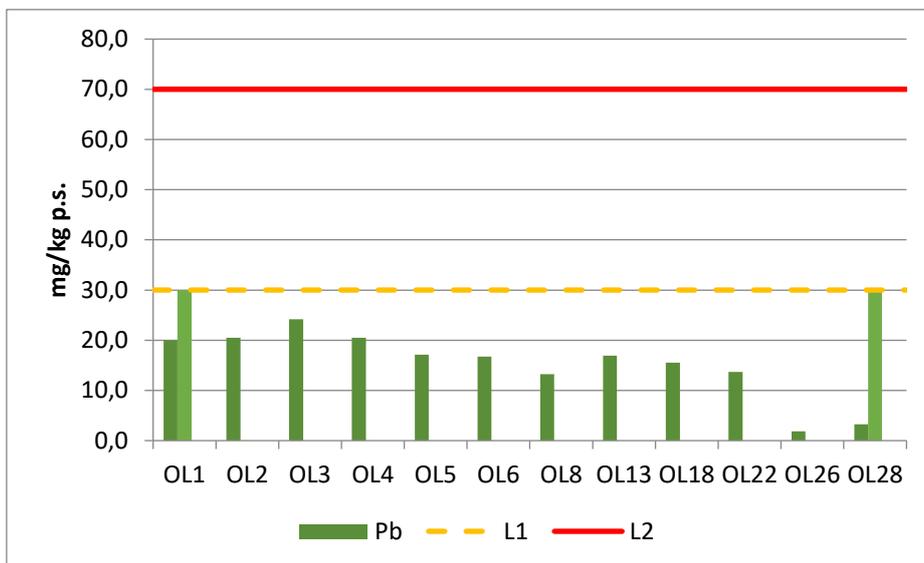
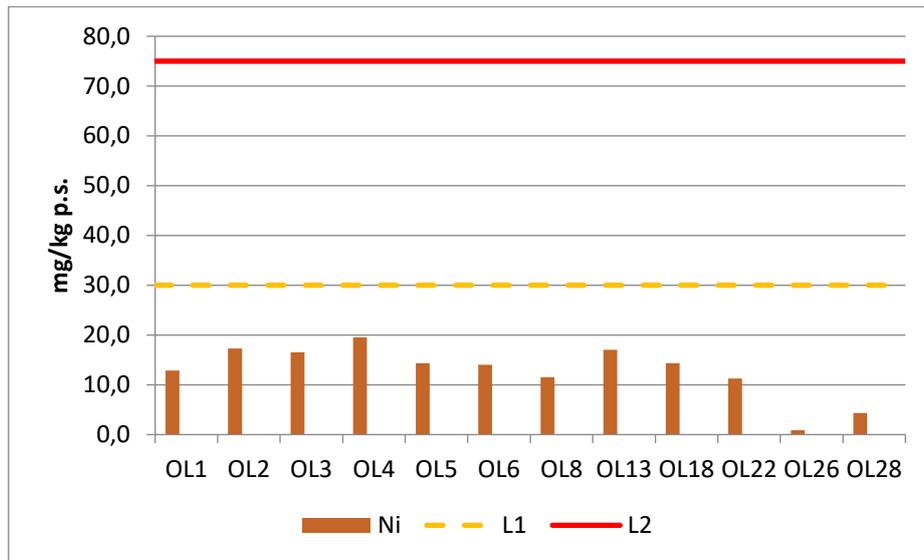
I risultati dei campioni analizzati nel 2019 cadono tutti all'interno del range di quantificazione (LOQ) e la metodica risulta avere un'accuratezza conforme ai requisiti analitici stabiliti con intervalli di recupero compresi entro l'80%.

Confrontando i dati con i valori di riferimento del D.M. 173/2016 (Fig. 7), si può notare come i metalli che presentano maggiori criticità siano il rame, il cromo e lo zinco, per i quali si assiste a un superamento dei valori di riferimento in 8 stazioni su 12 totali. Nel caso del rame in particolare sono rilevabili anche superamenti del valore L2.

**Fig. 7 Concentrazioni degli elementi in tracce analizzati e indicazione valori di riferimento normativi (L1, L2)**









## Idrocarburi Policiclici Aromatici, Pesticidi e PCB

In Tabella 28, Tabella 29 e Tabella 30 sono riportate, rispettivamente, le concentrazioni di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), pesticidi e sommatoria di PCB misurate nei sedimenti campionati a maggio 2019.

Tabella 28 – Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  peso secco) di idrocarburi policiclici aromatici a basso peso molecolare, alto peso molecolare e pesticidi nei sedimenti campionati nelle diverse aree portuali di Olbia nel 2019 [U.M.: unità di misura;

| U.M                     | Campioni              | OL01  | OL02  | OL03  | OL04  | OL05  | OL06  | OL08  | OL13  | OL18  | OL22  | OL26  | OL28  | (*)   |     |
|-------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| $\mu\text{g}/\text{kg}$ | Fenantrene            | 12,3  | 11,8  | 17,7  | 12,2  | <5,0  | 19    | 6     | 7,3   | 11,1  | 9,8   | <5,0  | <5,0  | -     |     |
|                         | Antracene             | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | 0     | 0     | <5,0  | <5,0  | 24    |     |
|                         | Fluorantene           | 38,6  | 29,5  | 49,1  | 31,1  | 17,1  | 51,5  | 13    | 17,6  | 28,4  | 22,4  | <5,0  | <5,0  | 110   |     |
|                         | Pirene                | 36,8  | 30,5  | 45,7  | 30,4  | 19,1  | 45,9  | 15    | 20,1  | 28,1  | 25,3  | <5,0  | <5,0  | -     |     |
|                         | Benzo(a)- antracene   | <5,0  | 14,3  | <5,0  | 14,4  | <5,0  | 22,6  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | 12,3  | <5,0  | <5,0  | -     |     |
|                         | Crisene               | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | 0     | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | -     |     |
|                         | Benzo(b)-fluorantene  | <5,0  | 20,8  | 29    | <5,0  | <5,0  | 29,3  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | 40    |     |
|                         | Benzo(k)-fluorantene  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | 0     | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | 20    |     |
|                         | Benzo(a)- pirene      | <5,0  | <5,0  | 22,4  | <5,0  | <5,0  | 21,8  | <5,0  | 11,3  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | <5,0  | 30    |     |
|                         | Indenopirene          | 20    | 18,1  | <10,0 | <10,0 | <10,0 | 21,3  | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | 70  |
|                         | Dibenzo(ah)-antracene | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | -   |
|                         | Benzo(ghi)-perilene   | 14,5  | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | 15    | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | 55  |
|                         | alfa-HCH              | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | 0,2 |
|                         | Esaclorobenzene       | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | <0,4  | 0,4 |
| gamma-HCH               | <0,2                  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | 0,2   |     |
| beta-HCH                | <0,2                  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | <0,2  | 0,2   |     |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|       |                            |       |       |       |      |      |      |      |      |    |      |      |      |   |
|-------|----------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|----|------|------|------|---|
| mg/kg | <b>Idrocarburi C&gt;12</b> | 141,5 | 141,2 | 115,3 | 88,7 | 82,4 | 85,9 | 25,1 | 68,1 | 38 | 39,8 | <5,0 | <5,0 | - |
|-------|----------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|----|------|------|------|---|

\*: Valori di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) da Decreto Legislativo 13 Ottobre 2015 n. 172]Tabella 29 - Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  peso secco) di pesticidi nei sedimenti campionati nelle diverse aree portuali di Olbia nel 2019 [U.M.: unità di misura;

| U.M.                      | Campioni  | OL01 | OL02 | OL03 | OL04 | OL05 | OL06 | OL08 | OL13 | OL18 | OL22 | OL26 | OL28 | (*) |
|---------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| $(\mu\text{g}/\text{kg})$ | <b>Eptacloro</b>                                | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | -   |
|                           | <b>Aldrin</b>                                   | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | 0,2 |
|                           | <b>Eptacloroepossido</b>                        | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | -   |
|                           | <b>Dieldrin</b>                                 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | 0,2 |
|                           | <b>Endrin</b>                                   | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | -   |
|                           | <b>DDE (<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>)</b> | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | 1,8 |
|                           | <b>DDD (<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>)</b> | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | 0,8 |
|                           | <b>DDT (<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>)</b> | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 1   |

\*: Valori di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) da Decreto Legislativo 13 Ottobre 2015 n. 172]Tabella 30 - Concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  peso secco) della sommatoria di PCB nei sedimenti campionati nelle diverse aree portuali di Olbia nel 2019 [U.M.: unità di misura; \*: Valori di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) da Decreto Legislativo 13 Ottobre 2015 n. 172]

| U.M.                      | Campioni                             | OL01 | OL02 | OL03 | OL04  | OL05  | OL06  | OL08  | OL13  | OL18  | OL22  | OL26  | OL28  |
|---------------------------|--------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $(\mu\text{g}/\text{kg})$ | <b><math>\Sigma\text{PCB}</math></b> | 2,9  | 3,3  | 4,1  | < 2,6 | < 2,6 | < 2,6 | < 2,6 | < 2,6 | < 2,6 | < 2,6 | < 2,6 | < 2,6 |

Per quanto riguarda i soprariportati valori di concentrazione di IPA, idrocarburi C>12, pesticidi organoclorurati e PCB, non si osservano concentrazioni ambientali degne di rilevanza e comunque, riguardo quei contaminanti che hanno valori di riferimento indicati in normative di settore in corso (D.lgs 172/2015, DM 173/16), non si riscontrano superamenti.

## Composti Organostannici

I risultati delle analisi dei composti butilstannici svolte su 8 campioni di sedimenti prelevati nelle stazioni selezionate per gli approfondimenti chimici sono riportati nella Tabella 31.

Tabella 31 - Concentrazioni (media  $\pm$  d.s.) di composti butilstannici determinati nel Golfo di Olbia. Sono riportate la media e la deviazione standard. Valori espressi sia come ng catione/g, sia come ng Sn/g di peso secco.

| Campione | TBT               |              | DBT               |              | MBT               |              |
|----------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
|          | ng Catione/g s.s. | ng Sn/g s.s. | ng Catione/g s.s. | ng Sn/g s.s. | ng Catione/g s.s. | ng Sn/g s.s. |
| OL01     | 32 $\pm$ 2        | 13 $\pm$ 1   | 27 $\pm$ 2        | 14 $\pm$ 1   | 19 $\pm$ 2        | 13 $\pm$ 2   |
| OL02     | 47 $\pm$ 2        | 19 $\pm$ 1   | 33 $\pm$ 0,5      | 17 $\pm$ 0,3 | 24 $\pm$ 1        | 16 $\pm$ 1   |
| OL03     | 75 $\pm$ 6        | 31 $\pm$ 2   | 70 $\pm$ 1        | 36 $\pm$ 1   | 46 $\pm$ 5        | 31 $\pm$ 3   |
| OL04     | 67 $\pm$ 7        | 27 $\pm$ 3   | 36 $\pm$ 8        | 18 $\pm$ 4   | 26 $\pm$ 3        | 17 $\pm$ 2   |
| OL05     | 58 $\pm$ 2        | 24 $\pm$ 1   | 22 $\pm$ 0,4      | 11 $\pm$ 0,2 | 18 $\pm$ 2        | 12 $\pm$ 1   |
| OL08     | 25 $\pm$ 2        | 10 $\pm$ 1   | 8 $\pm$ 0,2       | 4 $\pm$ 0,1  | 6 $\pm$ 0,3       | 4 $\pm$ 0,2  |
| OL22     | 70 $\pm$ 17       | 29 $\pm$ 7   | 51 $\pm$ 12       | 26 $\pm$ 6   | 30 $\pm$ 7        | 21 $\pm$ 5   |
| OL26     | 19 $\pm$ 0,3      | 8 $\pm$ 0,1  | 3 $\pm$ 0,1       | 2 $\pm$ 0,01 | <3                | <2           |

Tali risultati rispecchiano una contaminazione diffusa. Infatti, le concentrazioni di TBT sono state rilevate in tutte le stazioni, con valori compresi tra 19-75 ng TBT/g p.s. (corrispondenti a 8-31 ng Sn/g p.s.), superando lo SQA stabilito dal Decreto Legislativo 172/2015 (per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque) in tutte le stazioni. Anche DBT è stato rilevato in tutte le stazioni, con concentrazioni comprese tra 3 e 70 ng DBT/g (2-36 ng Sn/g p.s.), mentre MBT presentava valori compresi tra <3 e 46 ng MBT/g (pari a <2 e 31 ng Sn/g p.s.), risultando inferiore al limite di quantificazione soltanto in una stazione, a dimostrazione di una contaminazione spesso non recente.

Ad una analisi di dettaglio, in termini di sommatoria di TBT, DBT e MBT ( $\Sigma$ TBT, espressa come ng Sn/g peso secco), la concentrazione più elevata (98 ng Sn/g p.s.) è stata riscontrata nella stazione OL03, situata presso l'Antico Porto Romano. Considerando la percentuale di TBT, DBT e MBT (rispettivamente del 31, 37 e 32 %, relativamente alla  $\Sigma$ TBT) si evidenzia una contaminazione da TBT pregressa. Anche nei sedimenti di fronte alla zona industriale Cala Saccaia (stazione OL22) è stata osservata una contaminazione non trascurabile da composti butilstannici ( $\Sigma$ TBT=75 ng Sn/g p.s.). Nella parte esterna dell'Antico Porto Romano (stazione OL04, situata a Nord-Ovest dell'Isola Bianca), le concentrazioni di

composti butilstannici diminuiscono leggermente ( $\Sigma\text{BT}=63 \text{ ng Sn/g p.s.}$ ) con un contributo di TBT (43% di  $\Sigma\text{BT}$ ).

Nella zona del porto di Isola Bianca la concentrazione dei composti butilstannici nella stazione OL05 risulta oltre due volte maggiore rispetto all'area situata a Sud-Est (stazione OL08), dove i valori risultano in assoluto relativamente bassi. In entrambi i siti, il contributo di TBT sulla  $\Sigma\text{BT}$  supera il 50%, suggerendo che la contaminazione possa essere comunque recente.

Le concentrazioni più basse di tutti i composti butilstannici sono state osservate nella stazione OL26, situata all'entrata del Golfo di Olbia.

La contaminazione diffusa da composti butilstannici rilevata nell'area indagata potrebbe derivare da un ampio utilizzo, in passato, di TBT come biocida nelle vernici antivegetative (ipotesi confermata anche dalla correlazione positiva osservata tra le concentrazioni di TBT vs DBT ( $r^2=0.76$ ). Nonostante la messa al bando relativa all'utilizzo delle vernici antivegetative sia in vigore da oltre un decennio, nelle aree portuali e nelle aree di rimessaggio i composti organostannici continuano a essere rilevati anche ad alte concentrazioni.

Sarebbero quindi auspicabili ulteriori approfondimenti chimici.

### 3.1.4 *Analisi microbiologiche*

Nella Tabella 32 vengono riportati i risultati delle analisi microbiologiche condotte sui campioni selezionati per questo tipo di indagine.

Tabella 32 - Risultati analisi microbiologiche [UFC/g<sub>ss</sub> = Unità Formante Colonia/grammo di sostanza secca]

| Campione | Coliformi totali<br>(UFC/g <sub>ss</sub> ) | E. coli<br>(UFC/g <sub>ss</sub> ) | Enterococchi<br>(UFC/g <sub>ss</sub> ) | Spore clostridi<br>(UFC/g <sub>ss</sub> ) |
|----------|--|-----------------------------------|--|---|
| OL01     | < 1  | < 1                               | < 1                                    | 18,7                                      |
| OL07     | < 1  | < 1                               | < 1                                    | 15,2                                      |
| OL13     | < 1  | < 1                               | < 1                                    | 37,9                                      |
| OL19     | 9,2  | < 1                               | 3,1                                    | 17,4                                      |
| OL23     | < 1  | < 1                               | 0,5                                    | 58,1                                      |
| OL25     | < 1  | < 1                               | < 1                                    | 18,9                                      |



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

Le analisi effettuate su tutti i campioni in oggetto hanno messo in evidenza un livello di contaminazione di origine fecale trascurabile. Tale tipo di contaminazione è rappresentato dai parametri Coliformi totali, Escherichia coli, ed enterococchi.

Per quanto riguarda il parametro Spore di Clostridi Solfitoriduttori ha fatto registrare un numero di UFC modesto, indicatore di una contaminazione pregressa.

### *3.1.5 Popolamenti macrozoobentonici*

La descrizione del popolamento bentonico e l'inquadramento biocenotico nelle tre stazioni campionate (OL14, OL17, OL26) sono riportati nell'**Allegato 2**.

Nel complesso l'analisi tassonomica ha portato all'identificazione di 10.002 individui per un totale di 240 taxa e 216 specie appartenenti ai gruppi sistematici dei Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Echinodermata.

## 3.2 Colonna d'acqua

### *Bioaccumulo mediante Mussel Watch*

#### Elementi in tracce

Nella Tabella 33 sono riportati i valori delle percentuali di recupero rispetto al Materiale Certificato di Riferimento (NIST2967) utilizzato per valutare l'accuratezza del metodo, nelle due campagne considerate.

Tabella 33 – Percentuali di recupero rispetto al Materiale di Riferimento Certificato per le due campagne considerate

| I campagna (giugno – luglio 2018)     |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                       | As<br>mg/kg | Cd<br>mg/kg | Cr<br>mg/kg | Cu<br>mg/kg | Hg<br>mg/kg | Ni<br>mg/kg | Pb<br>mg/kg | Zn<br>mg/kg |
| % RECUPERO                            | 93          | 113         | 90          | 97          | 96          | 100         | 116         | 101         |
| II campagna (gennaio - febbraio 2019) |             |             |             |             |             |             |             |             |
| % RECUPERO                            | 100         | 97          | 99          | 96          | 98          | 95          | 103         | 91          |

Nella Tabella 34 sono riportate le concentrazioni degli elementi in tracce rilevati nei tessuti dei mitili rispettivamente nella campagna di Mussel Watch di giugno – luglio 2018 e nella campagna di gennaio – febbraio 2019, rappresentati graficamente nelle figure 8.

Tabella 34: Concentrazioni di elementi in tracce (espressi in mg kg<sup>-1</sup> p.s.) rilevati nelle due campagne di Mussel Watch

| Parametro<br>(mg/kg<br>p.s.) | Campione | Estate (giugno 2018) | Inverno (gennaio<br>2019) |
|------------------------------|----------|----------------------|---------------------------|
| As                           | T0       | 16,8 ± 2,8           | 20,3 ± 1,6                |
|                              | MW1      | 9,29 ± 0,5           | 31,34 ± 7,4               |
|                              | MW2      | 8,41 ± 3,3           | 25,90 ± 2,8               |
|                              | MW3      | 9,76 ± 0,5           | 30,48 ± 6,03              |
| Cd                           | T0       | 0,47 ± 0,14          | 2,14 ± 0,18               |
|                              | MW1      | 0,33 ± 0,05          | 1,93 ± 0,9                |
|                              | MW2      | 0,66 ± 0,2           | 1,89 ± 0,35               |
|                              | MW3      | 0,62 ± 0,1           | 1,94 ± 0,32               |
| Cr                           | T0       | 0,43 ± 0,04          | 0,46 ± 0,05               |
|                              | MW1      | 0,47 ± 0,16          | 0,76 ± 0,1                |
|                              | MW2      | 0,74 ± 0,1           | 0,82 ± 0,03               |
|                              | MW3      | 0,54 ± 0,07          | 0,67 ± 0,12               |



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

| Parametro<br>(mg/kg<br>p.s.) | Campione   | Estate (giugno 2018) | Inverno (gennaio<br>2019) |
|------------------------------|------------|----------------------|---------------------------|
| Cu                           | <b>T0</b>  | 3,6 ± 0,4            | 4,63 ± 0,16               |
|                              | <b>MW1</b> | 2,22 ± 0,3           | 7,33 ± 0,4                |
|                              | <b>MW2</b> | 4,8 ± 2,6            | 6,61 ± 0,6                |
|                              | <b>MW3</b> | 1,92 ± 0,3           | 6,03 ± 0,8                |
| Hg                           | <b>T0</b>  | 0,02 ± 0,01          | 0,04 ± 0,002              |
|                              | <b>MW1</b> | 0,02 ± 0,002         | 0,05 ± 0,01               |
|                              | <b>MW2</b> | 0,04 ± 0,004         | 0,07 ± 0,003              |
|                              | <b>MW3</b> | 0,03 ± 0,003         | 0,05 ± 0,002              |
| Ni                           | <b>T0</b>  | 0,74 ± 0,03          | 0,36 ± 0,03               |
|                              | <b>MW1</b> | 0,71 ± 0,06          | 0,73 ± 0,1                |
|                              | <b>MW2</b> | 1,27 ± 0,15          | 0,83 ± 0,24               |
|                              | <b>MW3</b> | 0,99 ± 0,13          | 0,66 ± 0,07               |
| Pb                           | <b>T0</b>  | 0,37 ± 0,11          | 0,83 ± 0,3                |
|                              | <b>MW1</b> | 0,12 ± 0,04          | 1,42 ± 0,16               |
|                              | <b>MW2</b> | 0,26 ± 0,14          | 1,18 ± 0,13               |
|                              | <b>MW3</b> | 0,16 ± 0,08          | 1,35 ± 0,5                |
| Zn                           | <b>T0</b>  | 86 ± 15,2            | 88,05 ± 33,14             |
|                              | <b>MW1</b> | 110 ± 15,4           | 110,06 ± 41,16            |
|                              | <b>MW2</b> | 108 ± 21,3           | 326,77 ± 55,16            |
|                              | <b>MW3</b> | 141 ± 14,04          | 250,17 ± 47,81            |

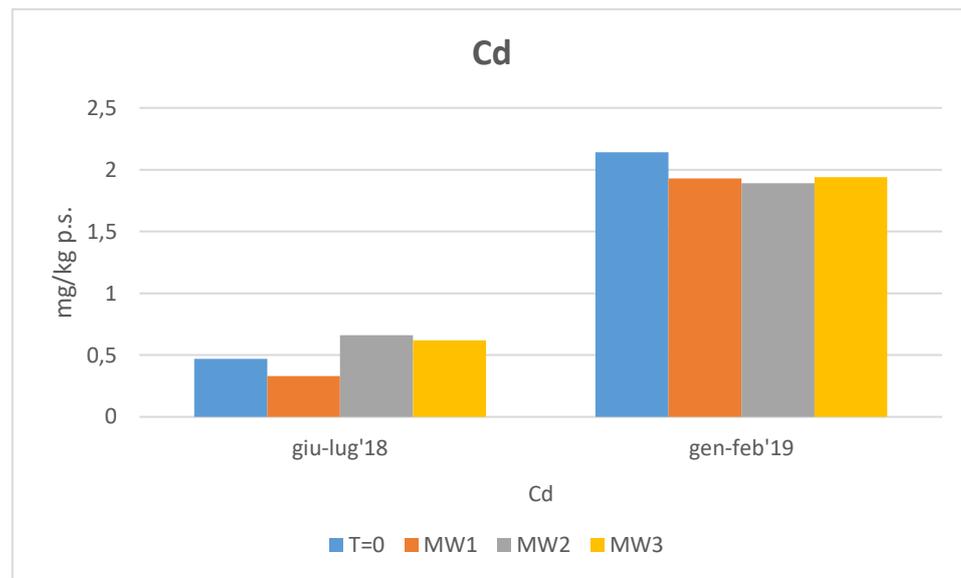
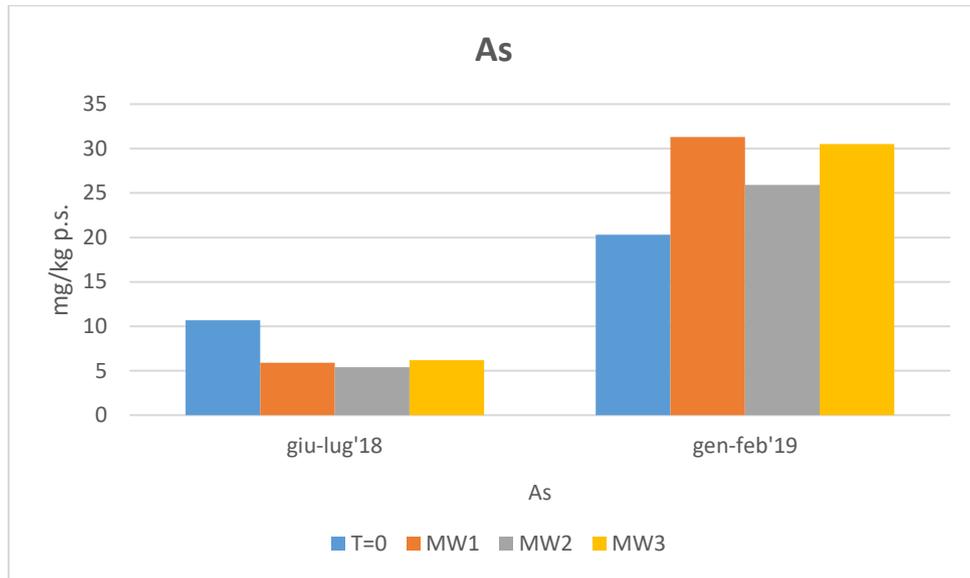


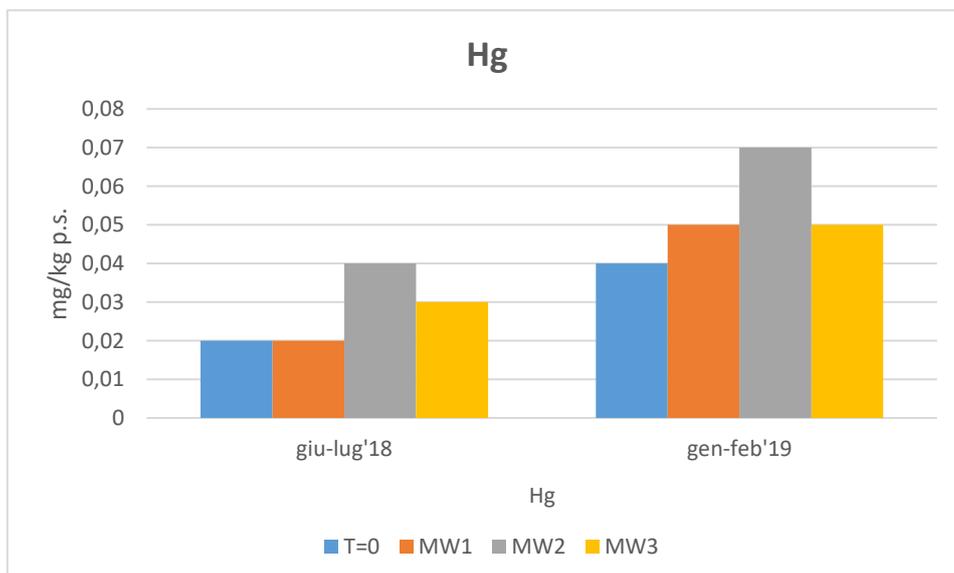
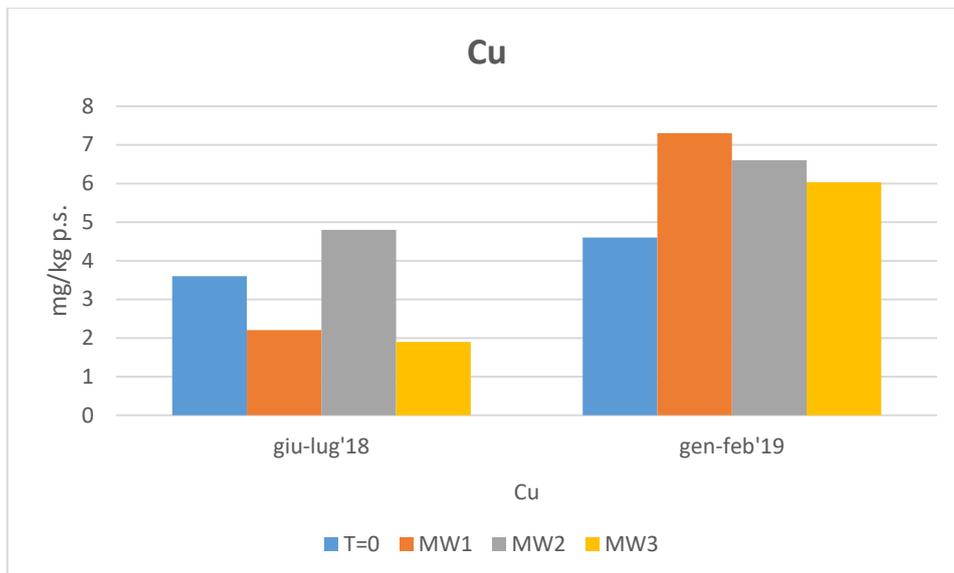
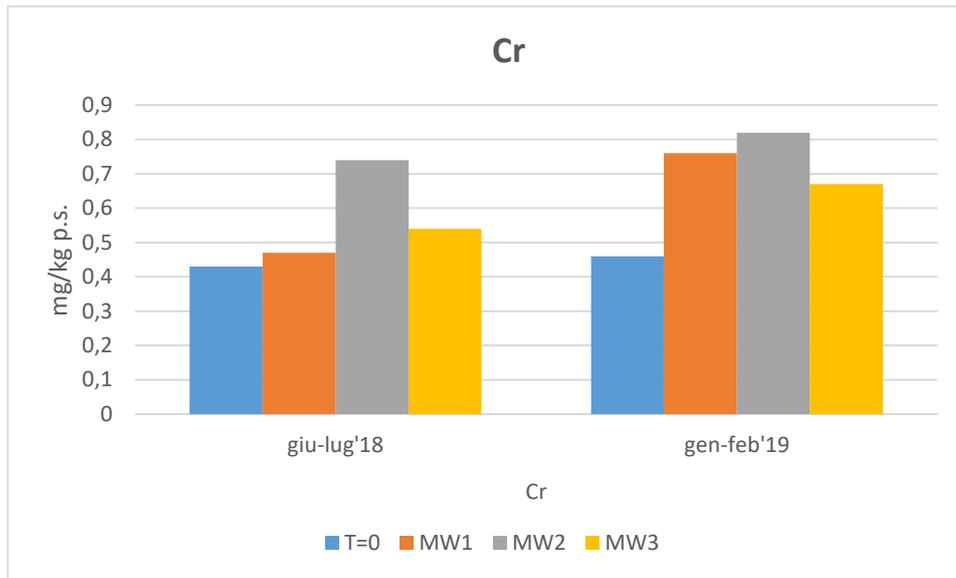
**ISPRA**

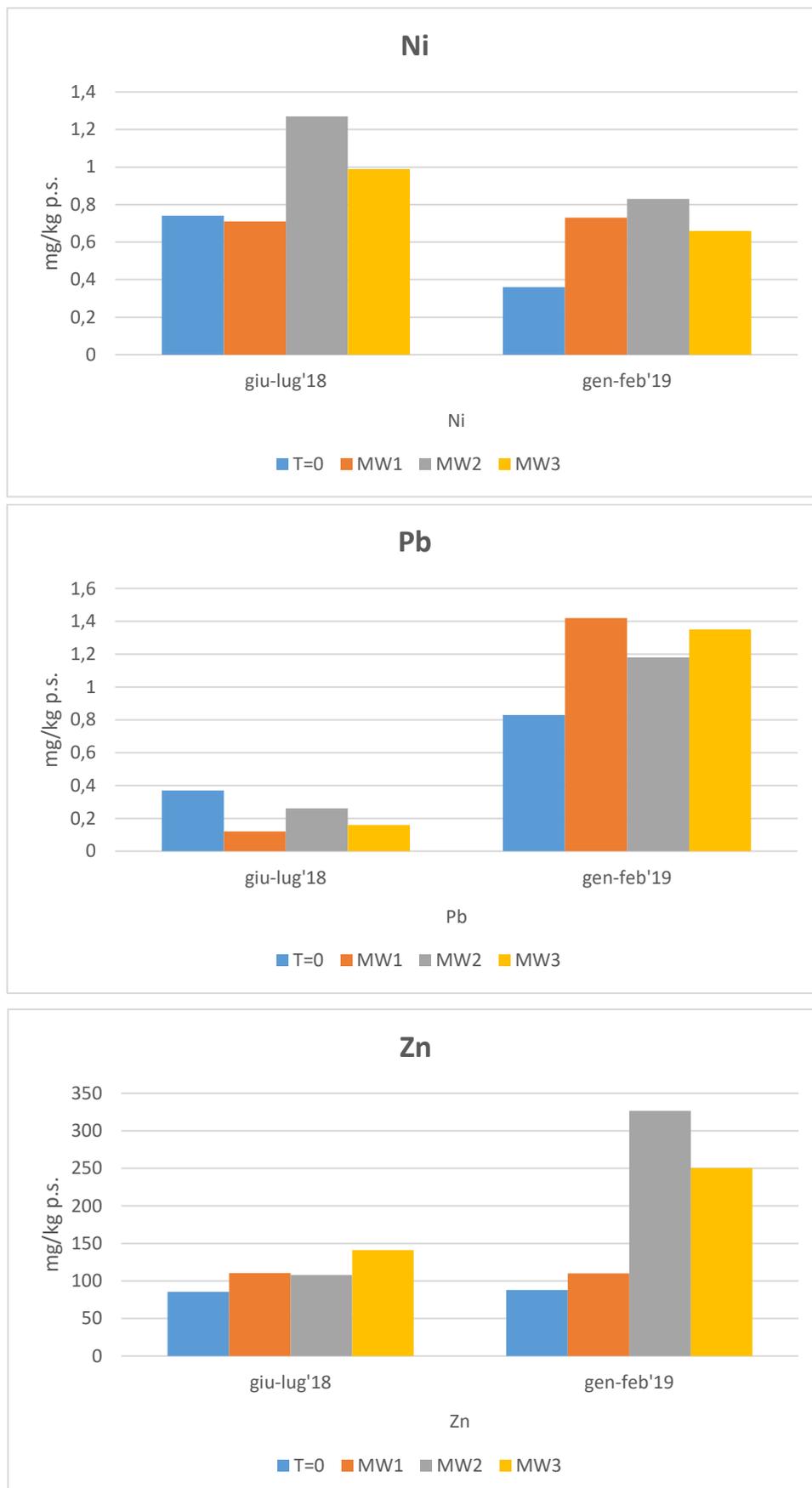
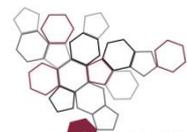
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente







**Fig. 8** Andamento delle concentrazioni degli elementi in tracce rilevati nei tessuti dei mitili rispettivamente nella campagna di Mussel Watch di giugno – luglio 2018 e nella campagna di gennaio – febbraio 2019

La rappresentazione grafica (Fig.8) dei risultati ottenuti nell'analisi degli elementi in tracce nelle due campagne di *Mussel Watch*, mostra come per tutti i metalli ad eccezione di Cr, Ni e Zn, le concentrazioni siano più alte nella campagna eseguita nel periodo gennaio – febbraio 2019. Tali risultati possono essere valutati considerando che la stagionalità, e di conseguenza la variabilità di fattori fisici come la temperatura, il pH e il loro effetto sulla natura chimica dei contaminanti, e fattori biologici come il particolare ciclo riproduttivo dei mitili, possono fortemente influenzarne la capacità di accumulo. La stagione riproduttiva di *M. galloprovincialis* si concentra infatti tra maggio e agosto, periodo in cui l'emissione di gameti determina un decremento delle riserve energetiche e quindi un abbassamento delle concentrazioni di contaminanti. Nella stagione invernale invece si può assistere a un aumento rilevante delle concentrazioni di inquinanti dovuto allo stoccaggio di riserve energetiche in vista della stagione riproduttiva. Per ogni campagna, le concentrazioni relative ai mitili trapiantati sono state rapportate a quelle relative ai rispettivi Tempi Zero (T=0) per calcolare il fattore di accumulo (AF): i valori  $\leq 1$  indicano l'assenza di un accumulo significativo, presente invece se i valori di AF sono superiori a 1 (Tab.35).

Tabella 35: Fattori di accumulo

|     | AF giugno - luglio 2018 |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     | As                      | Cd  | Cr  | Cu  | Ni  | Pb  | Zn  | Hg  |
| MW1 | 0,6                     | 0,7 | 1,1 | 0,6 | 1,0 | 0,3 | 1,3 | 1,0 |
| MW2 | 0,5                     | 1,4 | 1,7 | 1,3 | 1,7 | 0,7 | 1,3 | 1,5 |
| MW3 | 0,6                     | 1,3 | 1,3 | 0,5 | 1,3 | 0,4 | 1,6 | 1,3 |

|     | AF gennaio - febbraio 2019 |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     | As                         | Cd  | Cr  | Cu  | Ni  | Pb  | Zn  | Hg  |
| MW1 | 1,5                        | 0,9 | 1,7 | 1,6 | 2,0 | 1,7 | 1,3 | 1,5 |
| MW2 | 1,3                        | 0,9 | 1,8 | 1,4 | 2,3 | 1,4 | 3,7 | 1,8 |
| MW3 | 1,5                        | 0,9 | 1,5 | 1,3 | 1,8 | 1,6 | 2,8 | 1,4 |

Osservando le tabelle sopra riportate si può notare come per entrambe le campagne e per tutte le stazioni, gli elementi considerati, con l'eccezione dell'As e del Pb per la prima campagna e il Cd per la seconda (casi in cui la concentrazione nel Tempo Zero era superiore a quella rilevata nei mitili dopo 4 settimane di deposizione), presentino valori di  $AF > 1$ , indicando quindi fenomeni di bioaccumulo rilevanti. È necessario tenere in considerazione che le attività di Mussel Watch considerate sono state eseguite in due

stagioni differenti e a distanza di sei mesi. Una valutazione più approfondita del fenomeno è possibile con un numero maggiore di indagini.

### Idrocarburi Policiclici Aromatici

Nella Tabella 36 sono riportati i risultati delle analisi degli IPA condotte sui mitili trapiantati nell'area di studio di Olbia.

Ad Olbia, le concentrazioni di IPA nei mitili nella seconda campagna (gennaio) erano inferiori al T=0 e quindi non sono stati presi in considerazione. A giugno, tutte le concentrazioni di IPA erano molto basse ( $\Sigma$ IPA giugno-luglio 2018: Porto  $8,6 \mu\text{g kg}^{-1}$ , Foce  $7,4 \mu\text{g kg}^{-1}$ , Controllo  $7,4 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), a livello dei mitili del T0: tali risultati possono essere spiegati considerando le basse concentrazioni di IPA presenti in quest'area di studio.

Tabella 36 - Concentrazioni di idrocarburi policiclici aromatici ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  p.s.) nei tessuti dei mitili relativi alle nelle due campagne di Mussel Watch (campagna giugno-luglio 2018, gennaio-febbraio 2019).

| Parametro<br>( $\mu\text{g}_\text{Kg}$ su p.s.) | Campione | Campagne   |             |
|---|----------|------------|-------------|
|   |          | I campagna | II campagna |
| Acenaftene                                      | T0       | <0,2       | <0,2        |
|   | MW1      | <0,2       | <0,2        |
|   | MW2      | <0,2       | <0,2        |
|   | MW3      | <0,2       | <0,2        |
| Acenaftilene                                    | T0       | <0,2       | <0,2        |
|   | MW1      | <0,2       | <0,2        |
|   | MW2      | <0,2       | <0,2        |
|   | MW3      | <0,2       | <0,2        |
| Antracene                                       | T0       | 0,3        | 0,5         |
|   | MW1      | 0,4        | 0,3         |
|   | MW2      | 0,4        | 0,3         |
|   | MW3      | 0,3        | 0,3         |
| Benzo_a_antracene                               | T0       | 0,3        | 0,9         |
|   | MW1      | 0,3        | 0,3         |
|   | MW2      | 0,3        | 0,3         |
|   | MW3      | 0,3        | 0,2         |
| Benzo_a_pirene                                  | T0       | <0,2       | 0,2         |
|   | MW1      | 0,2        | <0,2        |
|   | MW2      | <0,2       | <0,2        |
|   | MW3      | <0,2       | <0,2        |
| Benzo_b_fluorantene                             | T0       | 0,30       | 1,00        |
|   | MW1      | 0,4        | 0,3         |
|   | MW2      | 0,3        | 0,2         |
|   | MW3      | 0,3        | 0,3         |
| Benzo(g,h,i)perilene                            | T0       | 0,3        | 0,5         |
|   | MW1      | 0,4        | 0,3         |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

| Parametro<br>( $\mu\text{g}_\text{Kg}$ su p.s.) | Campione   | Campagne   |             |
|---|------------|------------|-------------|
|   |            | I campagna | II campagna |
|   | <b>MW2</b> | 0,3        | 0,2         |
|   | <b>MW3</b> | 0,4        | 0,3         |
| <b>Benzo(k)fluorantene</b>                      | <b>T0</b>  | 0,2        | 0,5         |
|   | <b>MW1</b> | 0,3        | 0,2         |
|   | <b>MW2</b> | 0,2        | 0,2         |
|   | <b>MW3</b> | 0,2        | 0,2         |
| <b>Crisene</b>                                  | <b>T0</b>  | 0,5        | 1,80        |
|   | <b>MW1</b> | 0,7        | 0,7         |
|   | <b>MW2</b> | 0,5        | 0,7         |
|   | <b>MW3</b> | 0,5        | 0,8         |
| <b>Dibenzo_a_h_antracene</b>                    | <b>T0</b>  | <0,2       | <0,2        |
|   | <b>MW1</b> | <0,2       | <0,2        |
|   | <b>MW2</b> | <0,2       | <0,2        |
|   | <b>MW3</b> | <0,2       | <0,2        |
| <b>Fenantrene</b>                               | <b>T0</b>  | 3          | 6,8         |
|   | <b>MW1</b> | 3,2        | 3,8         |
|   | <b>MW2</b> | 3,2        | 3,6         |
|   | <b>MW3</b> | 2,8        | 3,6         |
| <b>Fluorantene</b>                              | <b>T0</b>  | 0,4        | 3,2         |
|   | <b>MW1</b> | 0,5        | 1,4         |
|   | <b>MW2</b> | 0,3        | 1,3         |
|   | <b>MW3</b> | 0,3        | 1,5         |
| <b>Fluorene</b>                                 | <b>T0</b>  | <0,2       | 0,5         |
|   | <b>MW1</b> | 0,2        | 0,2         |
|   | <b>MW2</b> | <0,2       | 0,2         |
|   | <b>MW3</b> | <0,2       | 0,2         |
| <b>Indeno_1_2_3_c_d_pirene</b>                  | <b>T0</b>  | <0,2       | 0,2         |
|   | <b>MW1</b> | <0,2       | 0,3         |
|   | <b>MW2</b> | <0,2       | <0,2        |
|   | <b>MW3</b> | 0,2        | 0,3         |
| <b>Naftalene</b>                                | <b>T0</b>  | 1,1        | 1,4         |
|   | <b>MW1</b> | 0,9        | 7,1         |
|   | <b>MW2</b> | 1,1        | 1,3         |
|   | <b>MW3</b> | 1,5        | 0,9         |
| <b>Pirene</b>                                   | <b>T0</b>  | 0,6        | 3,1         |
|   | <b>MW1</b> | 1,1        | 0,9         |
|   | <b>MW2</b> | 0,8        | 0,7         |
|   | <b>MW3</b> | 0,6        | 0,7         |
| <b>Sommatoria_IPA</b>                           | <b>T0</b>  | 7,0        | 20,3        |
|   | <b>MW1</b> | 8,6        | 15,8        |
|   | <b>MW2</b> | 7,4        | 9,0         |
|   | <b>MW3</b> | 7,4        | 9,3         |

## Policlorobifenili

In Tabella 37 sono riportati i risultati dell'analisi dei PCB condotta sui mitili trapiantati nel porto di Olbia. Come osservato per gli IPA, quasi tutte le concentrazioni dei PCB sono state a livello dei T=0, ad eccezione della stazione Controllo ( $\Sigma$ PCB  $10,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) nella seconda campagna (gennaio-febbraio 2019). I congeneri predominanti ad Olbia sono stati CB153, CB138 e CB101.

Tabella 37 - Concentrazioni di PCB ( $\text{ng kg}^{-1}$  p.s.) nei tessuti dei mitili relativi alle due campagne di Mussel Watch (campagna giugno-luglio 2018, gennaio-febbraio 2019).

| Parametro<br>(ng_kg su p.s.) | Campione | Campagne   |                |
|------------------------------|----------|------------|----------------|
|                              |          | I campagna | II<br>campagna |
| PCB_101                      | T0       | 848        | 566            |
|                              | MW1      | 654        | 414            |
|                              | MW2      | 700        | 477            |
|                              | MW3      | 685        | 1603           |
| PCB_118                      | T0       | 705        | 282            |
|                              | MW1      | 446        | 298            |
|                              | MW2      | 596        | 343            |
|                              | MW3      | 563        | 282            |
| PCB_126                      | T0       | 4,16       | 2,56           |
|                              | MW1      | 2,70       | 1,64           |
|                              | MW2      | 3,73       | 1,95           |
|                              | MW3      | 3,13       | 5,03           |
| PCB_138                      | T0       | 1040       | 1187           |
|                              | MW1      | 733        | 747            |
|                              | MW2      | 1052       | 876            |
|                              | MW3      | 979        | 2453           |
| PCB_153                      | T0       | 2108       | 2574           |
|                              | MW1      | 1254       | 1552           |
|                              | MW2      | 2106       | 1807           |
|                              | MW3      | 1765       | 4939           |
| PCB_156                      | T0       | 56,60      | 35,70          |
|                              | MW1      | 36,7       | 31,4           |
|                              | MW2      | 49,4       | 35,7           |
|                              | MW3      | 42,5       | 96,4           |
| PCB_169                      | T0       | 0,75       | 0,61           |
|                              | MW1      | 0,501      | <0,271         |
|                              | MW2      | <0,808     | 0,300          |
|                              | MW3      | 0,33       | 0,921          |
| PCB_180                      | T0       | 128,0      | 231,0          |
|                              | MW1      | 112        | 91,7           |



| Parametro<br>(ng_kg su p.s.) | Campione   | Campagne   |                |
|------------------------------|------------|------------|----------------|
|                              |            | I campagna | II<br>campagna |
|                              | <b>MW2</b> | 81,5       | 116            |
|                              | <b>MW3</b> | 71,2       | 286            |
| <b>PCB_28</b>                | <b>T0</b>  | 130        | 98,70          |
|                              | <b>MW1</b> | 252        | 39,8           |
|                              | <b>MW2</b> | 67,0       | 49,5           |
|                              | <b>MW3</b> | 57,6       | 73,6           |
| <b>PCB_52</b>                | <b>T0</b>  | 618        | 236            |
|                              | <b>MW1</b> | 716        | 223            |
|                              | <b>MW2</b> | 308        | 221            |
|                              | <b>MW3</b> | 329        | 753            |
| <b>PCB_77</b>                | <b>T0</b>  | 19,5       | 11,90          |
|                              | <b>MW1</b> | 14,5       | 6,49           |
|                              | <b>MW2</b> | 13,3       | 9,29           |
|                              | <b>MW3</b> | 12,7       | 16,7           |
| <b>PCB_81</b>                | <b>T0</b>  | <0,150     | <0,0947        |
|                              | <b>MW1</b> | <0,271     | <0,276         |
|                              | <b>MW2</b> | <0,730     | <0,235         |
|                              | <b>MW3</b> | 0,340      | <0,314         |
| <b>Σ PCB</b>                 | <b>T0</b>  | 5658       | 5226           |
|                              | <b>MW1</b> | 4222       | 3405           |
|                              | <b>MW2</b> | 4979       | 3938           |
|                              | <b>MW3</b> | 4508       | 10509          |

### Composti organostannici e Pesticidi

Le concentrazioni di tributilstagno e dei Pesticidi nei tessuti dei mitili relativi alle campagne di Mussel Watch condotte nel Porto di Olbia sono risultate tutte inferiori ai LdQ (limiti di quantificazione), nello specifico:

- per il Tributilstagno (Composti organostannici) <5 µg/Kg
- per i Pesticidi <0.01mg/Kg

Per approfondimenti riguardo le sostanze organiche rilevate impiegando la procedura del bioaccumulo si rimanda al prodotto Interreg SEDRIPORT T2.3.5 (APPLICAZIONI PRATICHE)

## Classificazione della qualità dei sedimenti secondo il DM 173/2016

In Figura 8 è riportata la classe di qualità dei sedimenti desunta dall'applicazione dei criteri di integrazione ponderata tra chimica ed ecotossicologia, secondo quanto riportato nell'allegato tecnico al DM 173/2016.

Le stazioni OL03 e OL04 risultano di classe E, la stazione OL02 di classe D, OL01 e OL05 di classe C, mentre le restati risultano di classe A.

Le stazioni di qualità peggiore sono quelle più interne al golfo, situate in prossimità di bassi fondali dove la circolazione è ridotta e vi sono apporti di acque dolci ed acque provenienti dall'area urbana. Le risposte dei saggi con *Vibrio fischeri* e *Crassostrea gigas* sono risultate quelle più sensibili e maggiormente responsabili delle attribuzioni delle classi di qualità. Si segnala tuttavia che tali stazioni ricadono al di fuori sia delle zone soggette a dragaggio che delle aree adibite a mitilicoltura.

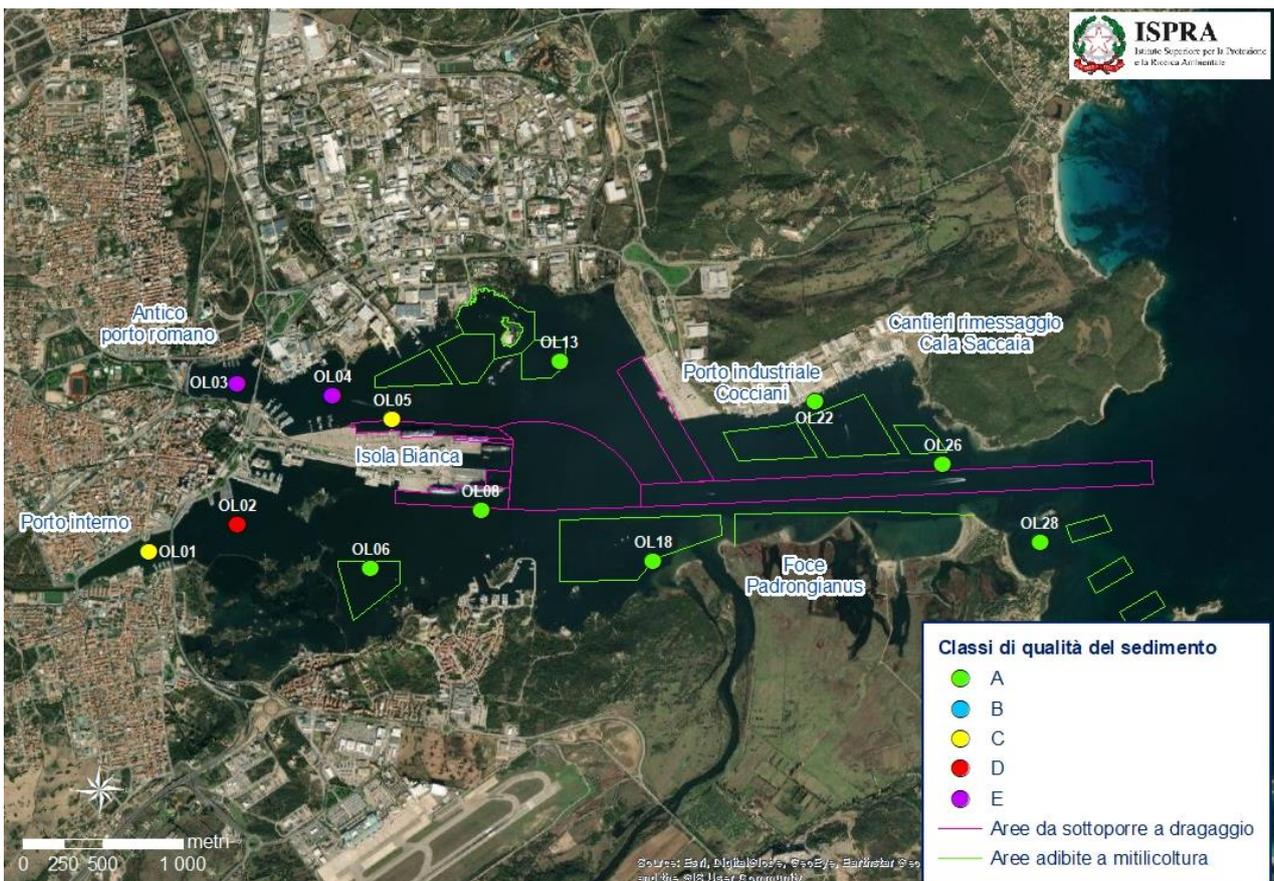


Figure 8 - Mappa delle stazioni con l'indicazione della classe qualitativa dei sedimenti secondo l'allegato tecnico del DM 173/2016.

## Conclusioni

Di seguito vengono riportate alcune considerazioni derivanti dalle analisi effettuate.

L'indagine ecotossicologica ha mostrato un'assenza di tossicità su tre dei quattro saggi della batteria impiegata evidenziando qualche criticità solo nelle stazioni più interne al golfo.

Le analisi chimiche effettuate sui sedimenti superficiali hanno evidenziato, per quanto riguarda gli elementi in tracce, il superamento dei valori di riferimento L1 e L2 riportati nel D.M. 173/2016, per Cu, Cr e Zn in 8 stazioni su 12 considerate. Le anomalie riscontrate possono ricollegarsi a più fattori alcuni dei quali risultano accomunare tutte le stazioni con delle criticità: infatti le stazioni in cui si assiste ad un superamento dei valori soglia sono le più interne al porto o, come nel caso di OL22 posizionate nell'area del porto industriale, mentre le OL13, OL18 si trovano in prossimità della foce del fiume Padrogianus con possibili apporti di xenobioici provenienti dalle aree a monte del fiume. Tutte le stazioni presentano un'alta percentuale di frazione pelitica in grado di chelare ed accumulare in modo più consistente i contaminanti.

I valori di ad IPA, PCB e pesticidi riscontrati nei sedimenti superficiali risultano nella maggior parte dei casi inferiori ai limiti di quantificazione o comunque inferiori rispetto ai limiti previsti dalla normativa vigente.

Criticità evidenti sono rilevabili per i composti organostannici. Il decreto Ministeriale 260/2010 definisce come standard di qualità nazionali per il TBT nei sedimenti degli ambienti marini e di transizione il valore soglia di 5 µg TBT/kg p.s. Tale soglia è superata nella maggior parte delle stazioni analizzate con valori di oltre un ordine di grandezza in alcune stazioni (una in particolare posizionate in prossimità della zona dei cantieri/rimessaggi e impianti di mitilicoltura). Il trend osservato nelle stazioni più interne è in parte atteso ed è collegabile all'alta percentuale di frazione pelitica in grado di intrappolare gli xenobiotici presenti e una bassa circolazione idrica, a fronte di un maggiore stress antropico. Le risultanze osservate suggeriscono quindi di effettuare approfondimenti sul comparto biotico nelle zone risultate più critiche, per meglio valutare il potenziale rischio di un trasferimento dei contaminanti presenti nei sedimenti.

L'analisi delle comunità macrozoobentoniche non mostra significative criticità nel comparto biotico: nelle 3 stazioni campionate, indicative di altrettante situazioni di possibile rischio (OL14 in prossimità di una banchina di attracco di grandi navi Ro-Ro, OL17 davanti alla foce del fiume Padrongianus e OL26 nell'area dell'imboccatura portuale), l'applicazione dell'indice biotico M-AMBI ha evidenziato una diversa qualità ecologica delle 3 aree, che comunque ricadono in una classe qualitativa "buona".

Le analisi relative ai mitili sono state capitalizzate con l'Interreg SEDRIPORT T2.3.5 (APPLICAZIONI PRATICHE). Per quanto riguarda gli elementi in tracce, si sono registrati fenomeni di accumulo per quasi tutti gli elementi considerati, in entrambe le campagne anche se le concentrazioni maggiori si sono riscontrate nella seconda (gennaio – febbraio 2019). Tali risultati vanno analizzati alla luce delle



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

considerazioni sulla stagionalità del ciclo riproduttivo dei mitili e nella variabilità dei fattori chimico-fisici che interessano la colonna d'acqua e che influenzano profondamente la biodisponibilità dei composti inorganici. Per quanto riguarda le concentrazioni di IPA ( $\Sigma 16\text{IPA}$  7,4-8,6  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) e PCB ( $\Sigma 12\text{PCB}$  10,5  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) sono risultate paragonabili a quanto riscontrato nei mitili di riferimento.

Secondo il criterio dell'Agenzia Europea dell'Ambiente, adattato da Scarpato et al. (2010), in base alle concentrazioni dei PCB, i mitili di Olbia rientrerebbero nella classe bassa di contaminazione ( $\Sigma \text{PCB} < 15 \mu\text{g kg}^{-1}$ ).

L'integrazione ponderata (chimica ed ecotossicologica) suggerisce una buona qualità generale con alcune stazioni più interne al golfo risultate di classe peggiore (una in classe C, una in classe D, due in classe E). Queste risultano caratterizzate da una bassa circolazione idrica a fronte di un maggiore stress antropico (fondali più bassi e maggiori apporti da terra).

## Bibliografia:

- Abraham M., Westphal L., Hand I., Lerz A., Jeschek J., Bunke D., Leipe T., Schulz-Bull D. (2017) TBT and its metabolites in sediments: survey at a German coastal site and the central Baltic Sea. *Mar Pollut Bull*, 121: 404–410. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.020>
- Adams S.M., Shorey, C.D. (1998) Energy dispersive spectroscopy of granular concretions in the mantle of the freshwater mussel *Hyridella depressa* from Lake Burragarang as a technique to monitoring metals in aquatic systems. *Aquatic Toxicol*, 44: 93-102
- Anastasiou T.I., Chatzinikolaou E., Mandalakis M., Arvanitidis C. (2016) ImPOSEX and organotin compounds in ports of the Mediterranean and the Atlantic: is the story over? *Sci Total Environ*, 569-570: 1315–1329. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.209>
- Andral B., Stanisiere J.Y., Sauzade D., Damier E., Thebault H., Galgani F., Boissery P. (2004) Monitoring chemical contamination levels in the Mediterranean based on the use of mussel caging. *Mar Pollut Bull*, 49: 704-712
- Antizar-Ladislao B. (2008) Environmental levels, toxicity and human exposure to tributyltin (TBT)-contaminated marine environment. A review. *Environ Int*, 34:292–308. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.09.005>
- ARPAT (1998) Metodologia di saggio algale per il controllo dei corpi idrici e delle acque di scarico: 191 pp
- ASTM (1998) Standard guide for conducting static acute toxicity tests starting with embryos of four species of saltwater bivalve molluscs. E 724-98, American Society for testing and materials, Philadelphia, PA, USA, 21 pp
- Azur Environmental (1995) Microtox® Acute Toxicity Comparison & Inhibition Test, 30 pp
- Bellan-Santini D., Karaman G., Krapp-Schickel G., Ledoyer M., Myers A., Ruffo S., Schiecke U. (1982) - The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1: Gammaridae (Acanthonotozomatidae to Gammaridae). *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*, 13: 364 pp.
- Bellan-Santini D., Karaman G., Krapp-Schickel G., Ledoyer M., Ruffo S. (1993) - The Amphipoda of the Mediterranean. Part 3: Gammaridea (Melpheidippidae to Talitridae), Ingolfiellidea, Caprellidea. *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*, 13: 813 pp.
- Beone G.M., Ravera O. (2003) Vantaggi e limiti del monitoraggio ambientale mediante l'analisi chimica dei Lamellibranchi. *Studi Trent Sci Nat Acta Biol*, 80: 79-84
- Berto D., Boscolo Brusà R. (A cura di) (2015) I composti organostannici in ambiente marino e lagunare. ISPRA, Quaderni – Ricerca Marina n. 8/2016, Roma, 117 pp
- Bianchi C.N., Zurlini G. (1984) - Criteri e prospettive di una classificazione ecotipologica dei sistemi marini costieri italiani. *Acqua e aria*, 8: 785-796.
- Bianchi C. N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F. e Morri C. (1993a) - Benthos dei mari toscani. I: Livorno - isola d'Elba (crociera Enea 1985). In: O. Ferretti, F. Immordino e V. Damiani (a cura di), *Arcipelago*

- Toscana. Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico. ENEA, Roma, Serie Studi Ambientali: 263-290.
- Bianchi C. N., Ceppodomo I., Cocito S., Aliani S., Dell'Amico F., Cattaneo-Vietti R. e Morri C., (1993b) - Benthos dei mari toscani. III: La Spezia - Livorno (crociera Enea 1987). In: O. Ferretti, F. Immordino e V. Damiani (a cura di), Arcipelago Toscano. Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico. ENEA, Roma, Serie Studi Ambientali: 317-337.
  - Binato G., Biancotto G., Piro R., Angeletti R. (1998) Atomic absorption spectrometric screening and gas chromatographic-mass spectrometric determination of organotin compounds in marine mussels: an application in samples from the Venetian Lagoon. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 361: 333-337
  - Bryan G.W., Langston W.J. (1992) Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special references to UK estuaries: a review. *Environ Pollut*, 76: 89-131
  - Buttino I., Vitiello V., Macchia S., Pellegrini D., Gorbi G. (2019) Saggio di sviluppo larvale in presenza di sedimento con il copepode calanoide planctonico *Acartia tonsa* (Dana, 1848). *Quaderni di Ecotossicologia*. ISPRA, Quaderni - Ricerca Marina n. 13/2019, Roma, 51 pp
  - Byrne M., Vesik P.A. (2000) Elemental composition of mantle tissue granules in *Hyridella depressa* (Unionida) from the Hawkesbury – Nepean River system, Australia: influence from catchment chemistry. *Aust J Mar Freshw Res*, 51: 183-192
  - Castelli A., Lardicci C., Tagliapietra D. (2003) - Il macrobenthos di fondo molle. - In *Manuale di metodologia di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*.
  - CETAC M-7600 Mercury Analyzer Manual, [https://www.environmental-expert.com/files/7782/download/456685/38-M7600\\_Op\\_Manual.pdf](https://www.environmental-expert.com/files/7782/download/456685/38-M7600_Op_Manual.pdf)
  - Crema R., Castelli A., Bonvicini-Pagliai A.M., Zunarelli-Vandini R., Prevedelli D., Albani L. (1993) - Studio delle comunità bentoniche di fondi molli infralitorali dell'Alto Tirreno Toscano. A cura di Nuccio C., Regione Toscana - Università di Firenze, Dip. Biol. Vegetale, Laboratorio di Ecologia: 445-488.
  - M. D'Alessandro, T. Romeo, L. Castriota, A. Cosentino, P. Perzia & R. Martins (2016) - New records of Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) in the Mediterranean biogeographic province, with an updated taxonomic key. *Italian Journal of Zoology*, 83,2: 233-243. DOI: 10.1080/11250003.2016.1154615
  - Decreto Legislativo del 13 ottobre 2015, n. 172. Attuazione della Direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque (*Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 250 del 27-10-2015*)
  - Decreto Ministeriale del 15 luglio 2016, n. 173 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini (*Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 208 del 06-09-2016 – Suppl. Ordinario n. 40*)
  - De Kock W.C., Kramer K.J.M. (1994) Active biomonitoring (ABM) by translocation of bivalve molluscs. In: K.J.M. Kramer (ed), *Biomonitoring of coastal waters and estuaries*. CRC Press Inc.: 51-84
  - Dos Santos M.M., Moreno-Garrido I., Gonsalves F. (2002) An in situ bioassay for estuarine environments using the microalga *Phaeodactylum tricornutum*. *Envir Toxicol Chem*, 21: 567-574

- European Directive 2013/39/EU, 2013. European Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the council of 12 August 2013 Amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as Regards Priority Substances in the Field of Water Policy
- Faiza A.A. (2020) - Alien Polychaete species and the first record of *Branchiomma bairdi* (McIntosh, 1885) from the Suez Canal and the Mediterranean coast of Egypt Egyptian. *Journal of Aquatic Biology & Fisheries* 24 (5): 13-32.
- Food and Agriculture Organization –FAO- (2015) World aquaculture production of fish, crustaceans, molluscs, etc., by principal species in 2013. Available at: [fao.org/fishery/docs/STAT/summary/a-6.pdf](http://fao.org/fishery/docs/STAT/summary/a-6.pdf)
- Formalewicz M.M., Rampazzo F., Noventa S., Gion C., Petranich E., Crosera M., Covelli S., Faganeli J., Berto D. (2019) Organotin compounds in touristic marinas of the northern Adriatic Sea: occurrence, speciation and potential recycling at the sediment-water interface. *Environ Sci Pollut Res Int*, 26(30): 31142-31157. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06269-6>
- Gambi M.C., Fresi E., Giangrande A. (1982) - Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Naturalista Siciliano*, S. IV, VI (suppl.), 3: 489-497.
- Goldberg E.D. (1975) The Mussel Watch. *Mar Pollut Bull*, 6: 111-113
- Girón-Pérez M.I. (2010) Relationships between innate immunity in bivalve molluscs and environmental pollution. *ISJ – Invert Surviv J*, 7: 149-156
- Hoch M (2001) Organotin compounds in the environment - an overview. *Appl Geochem* 16: 719–743. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(00)00067-6)
- Krainykova A.N. (1988) Biotesting in the water preservation from pollution. In: *The Methods of Water Biotesting*. Tscernogolovka: 4-21 (In Russian)
- ICRAM-APAT (2007) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini
- ICRAM (2001) Metodologie Analitiche di Riferimento del Programma di Riferimento per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003)
- IRSA (1978) Metodologia di saggio algale per lo studio della contaminazione delle acque marine. IRSA-CNR, Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque n. 39 - IT ISSN 0390-6329, Milano
- ISO (1999) Water quality — Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea). Method 14669. ISO, Genève, Switzerland
- ISO (2006) Water quality – Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricorutum*. Method UNI-EN-ISO 10253. ISO, Genève, Switzerland
- ISO (2007) Water quality. Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test). Method 11348. ISO, Genève, Switzerland
- ISO (2013) Water quality — Bio-indicator of potential toxicity in aqueous media — Determination of the potential toxicity of aqueous samples on bivalve embryo-larval development. Method 17224. ISO, Genève, Switzerland
- ISO (2014) Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine softbottom microfauna. Method ISO 16665. ISO, Genève, Switzerland

- ISO (2015) Water quality - Calanoid copepod development test with *Acartia tonsa*. Method ISO/FDIS 16778. ISO, Genève, Switzerland
- Lee W. (1977) Some laboratory cultured crustaceans for marine pollution studies. *Mar Poll Bull*, 8 (11): 258–259
- Lewis M.A. (1995) Use of freshwater plants for phytotoxicity testing: A review. *Envir Pollut* 87: 319-336
- Manuale e Linee Guida APAT – IRSA- CNR n 29/2003, volume 3 sezione 7000 – Metodi per determinazione di microrganismi indicatori di inquinamento e di patogeni
- Margalef R. (1958). Information theory in ecology. *Gen. Syst.* 3:36 7 1. Transl. from Mem. R.Acad. Cienc. Artes. Barc. 32: 373-449.
- Morabito R., Chiavarini S., Cremisini C. (1995) Speciation of organotin compounds in environmental samples by GC-MS. In: Quevauviller P., Maier E.A., Griepink B. (Eds.), *Quality Assurance for Environmental Analysis*, Elsevier, Amsterdam, 17: 435-464
- Morabito R.(2001) Metodo per la determinazione di composti organostannici in sedimenti e matrici biologiche tramite GC-MS e GC-FPD. In: Cicero A.M., Di Girolamo I. (Eds.), *Metodologie analitiche di riferimento del programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003)*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM, Appendice I
- Moreira A., Freitas R., Figueira E., Volpi Ghirardini A., Soares A.M.V.M., Radaelli M., Guida M., Libralato G. (2018) Combined effects of arsenic, salinity and temperature on *Crassostrea gigas* embryotoxicity. *Ecotoxicol. Environ. Saf*, 147: 251–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.043>
- Morelli E., Marangi M.L., Fantozzi L. (2009) A phytochelatinbased bioassay in marine diatoms useful for the assessment of bioavailability of heavy metals released by polluted sediments. *Environ Int*, 35: 532-538
- Moreno-Garrido I., Lubian L.M., Blasco J. (2007) Sediment toxicity tests involving immobilized microalgae (*Phaeodactylum tricornutum* Bohlin). *Envir Int*, 33: 481-495
- Muxika, I., Borja, Á., and Bald, J. (2007) - Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55, 16-29.
- Nash S.M.B., Quayle P.A., Schreiber U., Müller J.F. (2005) The selection of a model microalgal species as biomaterial for a novel aquatic phytotoxicity assay. *Aquat Toxicol*, 72: 315-326
- Nicoletti L., La Valle P., Chimenz Gusso C. (2004). Specie indicatrici: il caso *Corbula gibba* (Olivi, 1792). *Biol. Mar. Med.*, 11(2): 273-277.
- O' Connor T.O., Cantillo A.Y., Lauenstein G.G. (1994) Monitoring of temporal trends in chemical contamination by the NOAA National Status and Trends Mussel Watch Project. In: K.J.M. Kramer (ed), *Biomonitoring of coastal waters and estuaries*, CRC Press Inc.: 29-50
- Okay O.S., Morkoc E., Gaines A. (1994) Effects of two herbicidal wastewaters on *Chlorella* sp. and *Phaeodactylum tricornutum*. *Environ Pollut*, 119(84): 1-6
- Omae I. (2003) Organotin antifouling paints and their alternatives. *Appl Organometal Chem*, 17: 81-105. <https://doi.org/10.1002/aoc.396>

- Onorati F., Pellegrini D., Ausili A. (1999) Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida. La normalizzazione pelitica. *Acqua&Aria*, 6: 83-89
- Ortiz-Zarragoitia M., Cajaraville M.P. (2006) Biomarkers of exposure and reproduction-related effects in mussels exposed to endocrine disruptors. *Arch Environ Contam Toxicol*, 50: 361–369
- Pearson, T.H., and Rosemberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 16, 229-311.
- Peres J.M., Picard J.C. (1964) - Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 31 (47): 5-137.
- Phillips D.J.H., Segar D.A. (1986) Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants: programme design imperatives. *Mar Pollut Bull*, 1: 10-17
- Pielou E. (1975). *Ecological Diversity*. John Wiley. New York. N.Y. 165.
- Romanelli G., Berto D., Calace N., Amici M., Maltese S., Formalewicz M., Campanelli A., Marini M., Magaletti E., Scarpato A. (2018) Ballast water management system: assessment of chemical quality status of several ports in Adriatic Sea., *Mar Pollut Bull*, 147: 86-97
- J.L. Rueda, C. Salas, J. Urra, P. Marina (2009) - Herbivory on *Zostera marina* by the gastropod *Smaragdia viridis*. *Aquatic Botany* 90: 253-260.
- Scarpato A., Giordano P., Calabretta E., Romanelli G., Amici M., Amato E., Cicero A.M. (2006) Sviluppo di una rete di sorveglianza della qualità delle acque marino-costiere del Mediterraneo nordoccidentale attraverso l'uso di bioindicatori (Mussel Watch attivo): approccio metodologico e risultati preliminari. *Biol Mar Medit*, 13 (1): 423-433
- Scarpato, A., Romanelli, G., Galgani, F., Andral, B., Amici, M., Giordano, P., Caixach, J., Calvo, M., Campillo, J.A., Albadalejo, J.B., Cento, A., BenBrahim, S., Sammari, C., Deudero S., Boulahdid, M., Giovanardi, F. (2010). Western Mediterranean coastal waters. Monitoring PCBs and pesticides accumulation in *Mytilus galloprovincialis* by active mussel watching: the Mytilos project. *J. Environ. Monit.*, 12, 924-935
- Shannon C. E. & Weaver W. (1963) - *The mathematical theory of Communication*. University of Illinois Press. Urbana. Illinois. 117 pp.
- N. Simboura, G.K. Sahin, A. Panagoulia and N. Katsiaras (2010) - Four new alien species on the coasts of Greece (Eastern Mediterranean). *Medit. Mar. Sci.*, 11/2: 341-352.
- USEPA (1974) *Marine Algal Assay Procedure: Bottle Test*, Eutrophication and Lake Restoration Branch, Pacific Northwest Environmental Research Center, Corvallis, OR
- USEPA (1988) *Short Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Marine and Estuarine Organisms*, Report No. 600/4-87/028. US EPA Cincinnati
- USEPA (1991) *Evaluation of dredged material proposed for ocean disposal testing*. Manual EPA503/8-91/001
- US EPA (1995) *Pacific oyster, Crassostrea gigas and mussel, Mytilus sp. embryo-larval developmental test method*. In: EPA/600/R-95/136, *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms*. 13. Cincinnati, Ohio, USA: 209-258



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

- USEPA (1998) Method 7471B (SW846): Mercury in Solid or Semisolid Waste (Cold-Vapor Technique), Washington, DC
- USEPA (2007) Method 3051A (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils. Washington, DC
- USEPA (2007a) Method 3550C: Ultrasonic Extraction, part of Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods. US EPA Cincinnati
- USEPA (2007b) Method 3545A (SW-846): Pressurized Fluid Extraction (PFE), Revision 1. Washington, DC
- USEPA (2007) Method 7471B: Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique), part of Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods. Washington, DC
- USEPA (2010) Method 1668C: Chlorinated Biphenyl Congeners in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS, Washington, DC
- USEPA (2014) Method 6010D (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, Revision 4. Washington, DC
- USEPA (2014) Method 8270E (SW-846): Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS), Washington, DC
- USEPA (2018) Test Method 8270E: Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). Method. 8270E/2018, US EPA Cincinnati
- Viarengo A., Lowe D., Bolognesi F., Fabbri E., Koehler A. (2007) The use of biomarkers in biomonitoring: a 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comp Biochem Physio.*, 146(3): 281-300
- Wang W.-X., Fisher N.S. (1999) Delineating metal accumulation pathways for aquatic invertebrates. *Sci Total Environ*, 237/238: 459-472
- Zhuravel E., Markina Z., Aizdaicher N. (2009) Growth and physiological state of the microalgae *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin (Bacillariophyta) in the water taken from Peter the Great Bay. *Ocean Sci J*, 44(3): 173-179



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

# ALLEGATO 1

## Schede di Campionamento

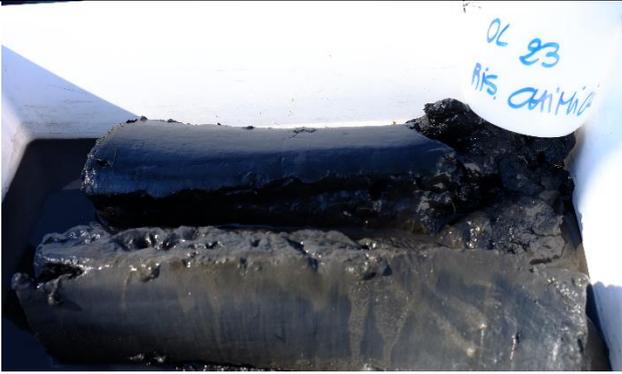
---

| Stazione | Profondità (metri) | Documentazione fotografica   | Descrizione   |
|----------|--------------------|--|---|
| OL 1     | 3                  |    | Fango limoso idrato color ocra in superficie (primi 3 cm) strato sottostante mediamente idrato grigio piombo      |
| OL 2     | 7,30               |   | Fango limoso idrato color ocra in superficie (primi 3 cm) strato sottostante mediamente idrato grigio piombo      |
| OL 3     | 3,20               | /  | Sedimento scuro a granulometria fine  |
| OL 4     | 6,50               |  | Fango limoso idrato color ocra in superficie (primi 3 cm) strato sottostante mediamente idrato grigio             |
| OL 5     | 6,90               |  | Granulometria fine primo centimetro idrato di colore marrone chiaro, strati inferiori più scuri sedimento ridotto |

|       |       |  |   |
|-------|-------|--|---|
| OL 6  | 4,40  |    | <p>Granulometria fine primo centimetro idrato di colore marrone chiaro, strati inferiori più scuri sedimento ridotto</p>      |
| OL 7  | 5,40  |    | <p>Granulometria fine, strato superficiale (0,5 cm) marrone chiaro, strati inferiori grigio piombo molto scuri e compatti</p> |
| OL 8  | 11,80 |   | <p>Sabbia grossolana mista a fine, sedimento idrato</p>   |
| OL 9  | 10,20 |  | <p>Sabbia grossolana</p>  |
| OL 10 | 8     |   | <p>Sedimento fine molto idrato nei primi 3 cm più scuro e compatto (argilloso) nei sottostanti</p>                            |

|       |      |  |   |
|-------|------|--|---|
| OL 11 | 6,80 |    | Sedimento fine molto idrato nei primi 3 cm più scuro e poco idrato nei sottostanti                          |
| OL 12 | 3    |    | Sedimento fine molto idrato nei primi 3 cm grigio piombo più compatto negli strati sottostanti              |
| OL 13 | 3,20 |   | Sedimento fine color ocra nel primo cm superficiale compatto grigio scuro anossico negli strati sottostanti |
| OL 14 | 4,20 |  | Sedimento fine misto a sabbia con presenza di resti vegetali  |
| OL 15 | 7,40 |  | Fine misto sabbia con resti di posidonia  |

|       |       |  |   |
|-------|-------|--|---|
| OL 16 | 1,40  |    | <p>Campione grigio scuro a composizione mista (sabbia fine, sabbia grossolana e pelite)</p>               |
| OL 17 | 4,30  |    | <p>Campione a prevalentemente sabbioso grigio scuro. Sottile strato fine idrati in superficie</p>         |
| OL 18 | 4     |   | <p>Sabbia color ocra prevalentemente grossolana con piccola percentuale di pelite</p>                     |
| OL 19 | 1,9   |  | <p>Campione più scuro della stazione 18 per la presenza di una maggiore percentuale di sedimento fine</p> |
| OL 20 | 14,20 |  | <p>Sabbia mista con presenza di tubi di policheti</p>   |

|       |       |  |  |
|-------|-------|--|--|
| OL 21 | 5,20  |    | Primi due centimetri molto idrati colo ocre. Strati sottostanti compatti scuri   |
| OL 22 | 3,50  |    | Sedimento scuro limoso misto a sabbia con resti conchiliari  |
| OL 23 | 6,70  |   | Limo scuro non coeso senza resti conchiliari   |
| OL 24 | 11,90 |  | Sabbia grossolana caratterizzata dalla presenza di tubi calcarei di policheti con minima percentuale di sedimento fine |
| OL 25 | 4,40  |  | Sedimento pelitico scuro compatto con piccola percentuale sabbiosa   |

|       |       |  |  |
|-------|-------|--|--|
| OL 26 | 5,30  |    | <p>Campione idrato, sabbia mista colore marrone con percentuale di fine</p>  |
| OL 27 | 5,50  |    | <p>Stazione posizionata in prossimità dei filari di mitili. Sabbia scura anossica con resti grossolani conchiliari</p> |
| OL 28 | 4,20  |   | <p>Sabbia fine con parti anossiche con resti di posidonia in disfacimento</p>  |
| OL 29 | 13,20 | /  | <p>Sabbia fine</p>   |
| OL 30 | 11,10 |  | <p>Sabbia mista color ocre con biodetrito</p>  |

|       |       |  |   |
|-------|-------|--|---|
| OL 31 | 8,20  |  | <p>Sabbia grossolana color oca/oro senza traccia di materiale fine analizzabile. Difficoltà di recupero con la benna.</p> <p>NON CAMPIONATA</p> |
| OL 32 | 11,20 |  | <p>Sabbia mista grigia</p>  |



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

## ALLEGATO 2

### Relazione Benthos

---

# STUDIO DEI MONITORAGGIO DELL'AREA DEL PORTO DI OLBIA

## Caratterizzazione Preliminare

### **Popolamenti Bentonici**





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

## **INDICE**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUZIONE</b>                                   | <b>2</b>  |
| <b>2. MATERIALI E METODI</b>                             | <b>4</b>  |
| <b>3. RISULTATI</b>                                      | <b>6</b>  |
| <i>3.1 Analisi strutturale del popolamento bentonico</i> | <b>24</b> |
| <b>4. CONCLUSIONI</b>                                    | <b>27</b> |
| <b>5. BIBLIOGRAFIA</b>                                   | <b>29</b> |
| <br>   |           |
| <b>ALLEGATO 1 - RAPPORTI DI PROVA</b>                    | <b>31</b> |

\*\*\*\*\*

### **Autori**

*Dr.ssa Loretta Lattanzi*

*Dr.ssa Veronica Marusso*

*Dr. Salvatore Porrello*

*Dr.ssa Monica Targusi*

*Dr. Paolo Tomassetti*

*Dr. Danilo Vani*

## 1. Introduzione

La conoscenza delle principali biocenosi marine è uno strumento indispensabile per l'individuazione delle aree a maggior pregio naturalistico, per una corretta gestione della fascia costiera e nei programmi di conservazione e monitoraggio. Da un punto di vista applicativo, infatti, il criterio bionomico, aggiunto all'inquadramento ambientale ricavato con altri criteri quali quello geologico, chimico-fisico e socio-economico, costituisce una forte base conoscitiva per la valutazione dell'evoluzione a medio e lungo termine indispensabile per la valorizzazione e gestione delle risorse ambientali (Crema *et al.*, 1993).

In questo tipo di studi particolarmente utili si sono rivelate le analisi dei popolamenti animali e vegetali, con particolare riguardo alla distribuzione delle comunità bentoniche. Infatti, le comunità bentoniche, costituite dall'insieme degli organismi che popolano il fondo e che sono ad esso strettamente legati, grazie alla loro scarsa vagilità, agli stretti rapporti con il fondo e ai cicli vitali relativamente lunghi, forniscono informazioni complete e a lungo termine circa le condizioni globali dell'ambiente (Pearson e Rosenberg, 1978). Esse, mantenendo una "memoria" storica e spaziale dei fenomeni naturali e di perturbazione avvenuti nell'ambiente, possono descrivere efficacemente specifiche condizioni ambientali e sono generalmente considerate la "memoria biologica" degli ecosistemi marini (Bianchi e Zurlini, 1984) e i più adeguati descrittori sintetici dell'ambiente (Gambi *et al.*, 1982).

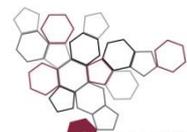
Nell'ambiente marino il dominio bentonico comprende tutti i fondali che si estendono dalla riva fino alle massime profondità oceaniche. Gli organismi bentonici sono distribuiti su tali fondali in diverse associazioni a seconda del tipo di substrato, della profondità e dei fattori ad essa legati (luce, salinità, gas disciolti, nutrienti, idrodinamismo e granulometria del substrato). La distribuzione della fauna bentonica non è quindi omogenea, ma varia sensibilmente e in modo spesso difficile da schematizzare. Per questo è emersa l'esigenza da parte degli studiosi di creare un modello di zonazione delle comunità – dette 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 (assenza di luce) le diverse biocenosi presenti sui fondi 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.



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

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.

\*\*\*\*\*

Lo scopo della presente relazione è quello di descrivere le caratteristiche biocenotiche ed ecologiche del popolamento macrozoobentonico di fondo mobile presente nel Porto di Olbia prima dell'inizio delle attività di ampliamento del Porto. Questo studio di “**Caratterizzazione Preliminare**” delle comunità macrozoobentoniche di fondi mobili, condotto in particolare su i principali gruppi tassonomici che le caratterizzano, ovvero Policheti, Molluschi, Crostacei ed Echinodermi, considerati “efficaci descrittori” di tali comunità (Gambi et al., 1982), ha quindi l'obiettivo di definire le condizioni di riferimento che caratterizzano tali popolamenti.

## 2. Materiali e metodi

I prelievi del macrozoobenthos sono stati effettuati, nel mese di agosto 2019, in 3 stazioni OL14, OL17 e OL26. In ciascuna stazione sono state effettuate 3 repliche per un totale di 9 campioni.

Come tutti i campioni che pervengono all'Area BIO (forniti da enti/organizzazioni esterne) anche questi sono stati sottoposti alle operazioni di verifica e accettazione da parte del personale tecnico scientifico del Laboratorio di Ecologia del Benthos (LEB) dell'ISPRA di Roma dove sono state svolte anche le attività analitiche di smistamento ed identificazione degli organismi delle comunità bentoniche in conformità alla norma UNI EN ISO 9001:2018.

In **Allegato 1** si riportano i Rapporti di Prova, consistenti in matrici di specie/abbondanza, dove per ogni stazione e per ogni replica vengono riportate le liste tassonomiche e le relative abbondanze (**vedi Tabella 1**).

Gli organismi ritrovati nei campioni di sedimento marino sono stati inizialmente suddivisi nei principali taxa (Polychaeta, Mollusca, Crustacea ed Echinodermata), per poi essere identificati, fino al più basso livello tassonomico, ove possibile (LPT, Lowest Possible Taxon) (Castelli *et al.*, 2003). Per l'inserimento delle specie secondo l'ordine sistematico e la nuova nomenclatura sono state consultate le liste presenti nel sito WoRMS (<http://www.marinespecies.org/>).

La comunità macrozoobentonica è stata analizzata mediante indici strutturali calcolati sulla matrice di specie/abbondanza. Gli indici utilizzati sono stati:

1. indice di diversità ( $H'$ ) (Shannon e Weaver, 1963), il cui valore è compreso tra 0 e teoricamente  $+\infty$  che tiene conto sia del numero di specie presenti che del modo in cui gli individui sono distribuiti fra le diverse specie;
2. indice di equiripartizione o "evenness" (J) (Pielou, 1966), è compreso tra 0 ed 1 e prende in considerazione la distribuzione degli individui nell'ambito delle varie specie che compongono una comunità. Tale indice presenta il valore massimo nel caso teorico in cui tutte le specie siano presenti con la stessa abbondanza, mentre presenta valori bassi nel caso in cui ci sia una sola specie abbondante e numerose specie rare;
3. indice di ricchezza specifica (d) (Margalef, 1958), è funzione del rapporto tra il numero di specie totali ed il numero totale di individui. Quante più specie sono presenti nel campione, tanto più alto sarà il suo valore.



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

La qualità ecologica delle 3 stazioni è stata valutata mediante l'applicazione dell'indice macrobentonico M-AMBI (Muxika *et al.*, 2007) alla matrice di specie/abbondanza della macrofauna. L'indice M-AMBI consiste in un'analisi statistica multivariata in cui l'analisi fattoriale combina i valori di AMBI, con quelli di diversità di Shannon-Wiener ( $H'$ ) e numero di specie ( $S$ ). Il software con cui viene calcolato è il medesimo di AMBI ([www.azti.es](http://www.azti.es)) da applicarsi con l'ultimo aggiornamento già disponibile della lista delle specie. Per il calcolo dello stato di qualità è stata utilizzata l'ultima versione di M-AMBI (v.5), con aggiornamento della libreria nel maggio 2019.



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

### **3. Risultati**

Di seguito si riportano i risultati del popolamento bentonico rinvenuto nelle stazioni OL14, OL17 e OL26.

Nel complesso l'analisi tassonomica ha portato all'identificazione di 10.002 individui per un totale di 240 taxa e 216 specie appartenenti ai gruppi sistematici dei Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Echinodermata.

In **Tabella 1** si riporta la lista dei taxa rinvenuti nelle singole repliche e le relative abbondanze, mentre in **Tabella 2** si riporta la lista delle specie rinvenute.

**Tabella 1** - Lista dei taxa e delle relative abbondanze rinvenute nelle singole repliche.

|  | stazioni                    | OL14/R1 | OL14/R2 | OL14/R3 | OL17/R1 | OL17/R2 | OL17/R3 | OL26/R1 | OL26/R2 | OL26/R3 |           |
|--|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| specie                                 | AUTORI                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Tot.      |
| <b>MOLLUSCA</b>                        |                             |         |         |         |         |         |         |         |         |         |           |
| <b>POLYPLACOPHORA</b>                  |                             |         |         |         |         |         |         |         |         |         |           |
| <i>Lepidopleurus cajetanus</i>         | (Poli, 1791)                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 11      | 10      | 0       | <b>21</b> |
| <i>Leptochiton cimicoides</i>          | (Monterosato, 1879)         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 7       | 6       | 10      | <b>23</b> |
| <i>Rhyssoplax olivacea</i>             | (Spengler, 1797)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 1       | <b>2</b>  |
| Leptochitonidae sp.1                   |                             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | <b>1</b>  |
| <i>Acanthochitona crinita</i>          | (Pennant, 1777)             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | <b>2</b>  |
| <i>Acanthochitona fascicularis</i>     | (Linnaeus, 1767)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 0       | 0       | <b>3</b>  |
| <b>GASTROPODA</b>                      |                             |         |         |         |         |         |         |         |         |         |           |
| <i>Smaragdia viridis</i>               | (Linnaeus, 1758)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 4       | 0       | <b>7</b>  |
| <i>Jujubinus striatus</i>              | (Linnaeus, 1758)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | <b>1</b>  |
| <i>Jujubinus</i> ind.                  |                             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | <b>2</b>  |
| <i>Cerithium vulgatum</i>              | Bruguière, 1792             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 5       | <b>9</b>  |
| <i>Alvania mamillata</i>               | Risso, 1826                 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | <b>2</b>  |
| <i>Pusillina</i> cfr. <i>lineolata</i> | (Michaud, 1830)             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 2       | 0       | <b>4</b>  |
| <i>Caecum trachea</i>                  | (Montagu, 1803)             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 14      | 14      | 10      | <b>38</b> |
| <i>Calyptrea chinensis</i>             | (Linnaeus, 1758)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 8       | 2       | 10      | <b>20</b> |
| <i>Crepidula moulinsii</i>             | Michaud, 1829               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 10      | 4       | 0       | <b>14</b> |
| <i>Naticarius hebraeus</i>             | (Martyn, 1786)              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | <b>2</b>  |
| <i>Euspira intricata</i>               | (Donovan, 1804)             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 5       | 10      | 10      | <b>25</b> |
| <i>Euspira nitida</i>                  | (Donovan, 1803)             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 0       | <b>1</b>  |
| <i>Vitreolina philippi</i>             | (de Rayneval & Ponzi, 1854) | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | <b>2</b>  |
| <i>Hexaplex trunculus</i>              | (Linnaeus, 1758)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 2       | <b>4</b>  |
| <i>Ocinebrina aciculata</i>            | (Lamarck, 1822)             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | <b>2</b>  |
| <i>Euthria cornea</i>                  | (Linnaeus, 1758)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 0       | 0       | <b>3</b>  |
| <i>Gibberula miliaria</i>              | (Linnaeus, 1758)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 5       | 2       | 5       | <b>12</b> |
| <i>Granulina marginata</i>             | (Bivona, 1832)              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | <b>2</b>  |
| <i>Conus ventricosus</i>               | Gmelin, 1791                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | <b>1</b>  |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|                                  | stazioni                   | OL14/R1 | OL14/R2 | OL14/R3 | OL17/R1 | OL17/R2 | OL17/R3 | OL26/R1 | OL26/R2 | OL26/R3 |      |
|----------------------------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| specie                           | AUTORI                     |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Tot. |
| <i>Mangelia costulata</i>        | Risso, 1826                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 4       | 8    |
| <i>Cyrrillia linearis</i>        | (Montagu, 1803)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 1    |
| <i>Megastomia conoidea</i>       | (Brocchi, 1814)            | 1       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 2       | 4       | 0       | 8    |
| <i>Parthenina</i> sp.1           |                            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Turbonilla acutissima</i>     | Monterosato, 1884          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 4       | 0       | 8    |
| <i>Bulla striata</i>             | Bruguère, 1792             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 20      | 12      | 10      | 42   |
| <i>Haminoea</i> cfr.hydatis      | (Linnaeus, 1758)           | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 67      | 0       | 0       | 68   |
| <i>Haminoea navicula</i>         | (da Costa, 1778)           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 22      | 20      | 42   |
| <i>Hermania scabra</i>           | (O. F. Müller, 1784)       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 2    |
| <i>Philine quadripartita</i>     | Ascanius, 1772             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1    |
| <b>BIVALVIA</b>                  |                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |      |
| <i>Gouldia minima</i>            | (Montagu, 1803)            | 12      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 0       | 16   |
| <i>Nucula nitidosa</i>           | Winckworth, 1930           | 0       | 32      | 2       | 3       | 1       | 1       | 16      | 8       | 0       | 63   |
| <i>Lembulus pella</i>            | (Linnaeus, 1758)           | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Arca noae</i>                 | Linnaeus, 1758             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 1       | 2    |
| <i>Glycymeris</i> ind.           |                            | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Musculus costulatus</i>       | (Risso, 1826)              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 2       | 4    |
| <i>Musculus subpictus</i>        | (Cantraine, 1835)          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Anomia ephippium</i>          | Linnaeus, 1758             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 2    |
| <i>Limaria hians</i>             | (Gmelin, 1791)             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 4       | 1       | 8    |
| <i>Ctena decussata</i>           | (O. G. Costa, 1829)        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 7       | 0       | 0       | 7    |
| <i>Loripes orbiculatus</i>       | Poli, 1795                 | 0       | 2       | 0       | 2       | 3       | 3       | 58      | 38      | 50      | 156  |
| <i>Lucinella divaricata</i>      | (Linnaeus, 1758)           | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 1       | 3       | 12      | 0       | 18   |
| <i>Loripinus fragilis</i>        | (Philippi, 1836)           | 9       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 22      | 18      | 0       | 49   |
| <i>Bornia sebetia</i>            | (O. G. Costa, 1830)        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 0       | 0       | 3    |
| <i>Kurtiella bidentata</i>       | (Montagu, 1803)            | 4       | 6       | 0       | 1       | 1       | 0       | 15      | 4       | 4       | 35   |
| <i>Cardites antiquatus</i>       | (Linnaeus, 1758)           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 24      | 10      | 4       | 38   |
| <i>Parvicardium exiguum</i>      | (Gmelin, 1791)             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 4       | 5    |
| <i>Papillicardium papillosum</i> | (Poli, 1791)               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 13      | 12      | 15      | 40   |
| <i>Fulvia fragilis</i>           | (Forskål in Niebuhr, 1775) | 1       | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Spisula subtruncata</i>       | (da Costa, 1778)           | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Moerella distorta</i>         | (Poli, 1791)               | 14      | 3       | 0       | 2       | 2       | 0       | 3       | 2       | 0       | 26   |

|                                 | stazioni             | OL14/R1   | OL14/R2   | OL14/R3  | OL17/R1   | OL17/R2  | OL17/R3  | OL26/R1    | OL26/R2    | OL26/R3    |             |      |
|---------------------------------|----------------------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|------------|------------|------------|-------------|------|
| specie                          | AUTORI               |           |           |          |           |          |          |            |            |            |             | Tot. |
| <i>Peronidia albicans</i>       | (Gmelin, 1791)       | 1         | 3         | 0        | 1         | 0        | 0        | 0          | 0          | 0          | 5           |      |
| <i>Serratina serrata</i>        | (Brocchi, 1814)      | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 1          | 0          | 0          | 1           |      |
| <i>Gastrana fragilis</i>        | (Linnaeus, 1758)     | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 15         | 2          | 10         | 27          |      |
| <i>Gari depressa</i>            | (Pennant, 1777)      | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 1          | 0          | 0          | 1           |      |
| <i>Abra alba</i>                | (W. Wood, 1802)      | 1         | 5         | 0        | 1         | 0        | 0        | 53         | 46         | 30         | 136         |      |
| <i>Abra nitida</i>              | (O. F. Müller, 1776) | 12        | 5         | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 0          | 0          | 17          |      |
| <i>Dosinia lupinus</i>          | (Linnaeus, 1758)     | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 0          | 1          | 1           |      |
| <i>Pitar rudis</i>              | (Poli, 1795)         | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 2          | 0          | 2           |      |
| <i>Polititapes aureus</i>       | (Gmelin, 1791)       | 0         | 2         | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 4          | 1          | 7           |      |
| <i>Venus verrucosa</i>          | Linnaeus, 1758       | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 18         | 2          | 20         | 40          |      |
| <i>Lajonkairia lajonkairii</i>  | (Payraudeau, 1826)   | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 1          | 2          | 0          | 3           |      |
| <i>Corbula gibba</i>            | (Olivi, 1792)        | 23        | 30        | 4        | 12        | 0        | 0        | 2          | 0          | 2          | 73          |      |
| <i>Hiatella arctica</i>         | (Linnaeus, 1767)     | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 2          | 0          | 2           |      |
| <i>Rocellaria dubia</i>         | (Pennant, 1777)      | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 1          | 0          | 0          | 1           |      |
| Bivalvia ind.                   |                      | 0         | 0         | 0        | 3         | 0        | 0        | 3          | 0          | 0          | 6           |      |
| <b>SCAPHOPODA</b>               |                      |           |           |          |           |          |          |            |            |            |             |      |
| <i>Antalis inaequicostata</i>   | (Dautzenberg, 1891)  | 1         | 0         | 0        | 2         | 0        | 0        | 1          | 0          | 0          | 4           |      |
| <i>Antalis vulgaris</i>         | da Costa, 1778)      | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 1          | 0          | 0          | 1           |      |
|                                 |                      | <b>81</b> | <b>89</b> | <b>6</b> | <b>32</b> | <b>7</b> | <b>6</b> | <b>449</b> | <b>286</b> | <b>234</b> | <b>1190</b> |      |
| <b>POLYCHAETA</b>               |                      |           |           |          |           |          |          |            |            |            |             |      |
| <i>Heteromastus filiformis</i>  | (Claparède, 1864)    | 4         | 7         | 3        | 0         | 5        | 1        | 44         | 16         | 33         | 113         |      |
| <i>Mediomastus capensis</i>     | Day, 1961            | 0         | 1         | 0        | 63        | 0        | 0        | 0          | 2          | 0          | 66          |      |
| <i>Notomastus aberans</i>       | Day, 1957            | 0         | 0         | 3        | 0         | 0        | 0        | 1          | 0          | 2          | 6           |      |
| <i>Notomastus lineatus</i>      | Claparède, 1869      | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 6          | 2          | 3          | 11          |      |
| <i>Pseudoleiocardia fauveli</i> | Harmelin, 1964       | 62        | 43        | 33       | 1         | 12       | 3        | 256        | 174        | 221        | 805         |      |
| <i>Leiochone leiopygos</i>      | (Grube, 1860)        | 7         | 4         | 0        | 0         | 0        | 0        | 3          | 8          | 11         | 33          |      |
| <i>Euclymene oerstedii</i>      | (Claparède, 1863)    | 32        | 12        | 27       | 1         | 0        | 0        | 113        | 34         | 81         | 300         |      |
| <i>Petaloproctus terricolus</i> | Quatrefages, 1866    | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 2          | 0          | 0          | 2           |      |
| Maldanidae ind.                 |                      | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 1          | 0          | 0          | 1           |      |
| <i>Polyophthalmus pictus</i>    | (Dujardin, 1839)     | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 5          | 4          | 8          | 17          |      |
| <i>Lipobranchius jeffreysii</i> | (McIntosh, 1869)     | 0         | 0         | 0        | 0         | 0        | 0        | 2          | 2          | 1          | 5           |      |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|  | stazioni                  | OL14/R1 | OL14/R2 | OL14/R3 | OL17/R1 | OL17/R2 | OL17/R3 | OL26/R1 | OL26/R2 | OL26/R3 |      |
|--|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| specie   | AUTORI                    |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Tot. |
| <i>Asclerocheilus intermedius</i>              | (Saint-Joseph, 1894)      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 1       | 2    |
| <i>Sclerocheilus minutus</i>                   | Grube, 1863               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 9       | 0       | 2       | 11   |
| <i>Naineris setosa</i>                         | (Verrill, 1900)           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 25      | 34      | 28      | 87   |
| <i>Phylo foetida</i>                           | (Claparède, 1868)         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Scoloplos typicus</i>                       | (Eisig, 1914)             | 9       | 8       | 12      | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 7       | 40   |
| <i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>            | Laubier, 1967             | 7       | 2       | 0       | 18      | 6       | 0       | 0       | 0       | 0       | 33   |
| <i>Aricidea (Acmira) cerrutii</i>              | Laubier, 1966             | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Aricidea (Strelzovia) suecica meridion.</i> | Laubier & Ramos, 1974     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 8       | 0       | 0       | 0       | 8    |
| <i>Aricidea</i> ind.                           |                           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 3       | 5    |
| <i>Cirrophorus furcatus</i>                    | Hartman, 1936             | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 66      | 27      | 95   |
| <i>Cirrophorus</i> sp1.                        |                           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 22      | 0       | 0       | 22   |
| <i>Paradoneis armata</i>                       | Glémarec, 1966            | 0       | 0       | 0       | 4       | 4       | 0       | 1       | 0       | 0       | 9    |
| <i>Paradoneis ilvana</i>                       | Castelli, 1985            | 4       | 4       | 0       | 0       | 0       | 0       | 96      | 0       | 38      | 142  |
| <i>Paradoneis</i> ind.                         |                           | 2       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2    |
| Cirratulidae sp.1                              |                           | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 1       | 0       | 0       | 3    |
| Cirratulidae sp.2                              |                           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 5       | 0       | 0       | 5    |
| <i>Aphelochaeta marioni</i>                    | (Saint-Joseph, 1894)      | 3       | 0       | 0       | 1       | 0       | 2       | 100     | 78      | 121     | 305  |
| <i>Aphelochaeta</i> sp1.                       |                           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 11      | 0       | 0       | 11   |
| <i>Caulleriella mediterranea</i>               | Lezzi, 2017               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 4       | 0       | 7    |
| <i>Chaetozone caputesocis</i>                  | (Saint-Joseph, 1894)      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 10      | 0       | 2       | 12   |
| <i>Chaetozone carpenteri</i>                   | McIntosh, 1911            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 8       | 14      | 22   |
| <i>Chaetozone corona</i>                       | Berkeley & Berkeley, 1941 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 6       | 8       | 5       | 19   |
| <i>Chaetozone elakata</i>                      | Blake & Lavesque, 2017    | 3       | 0       | 9       | 15      | 9       | 6       | 1       | 0       | 0       | 43   |
| <i>Chaetozone gibber</i>                       | Woodham & Chambers, 1994  | 1       | 1       | 3       | 20      | 11      | 27      | 41      | 26      | 53      | 183  |
| <i>Cirriformia semicineta</i>                  | (Ehlers, 1905)            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 140     | 62      | 161     | 363  |
| <i>Cirriformia tentaculata</i>                 | (Montagu, 1808)           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 0       | 4    |
| <i>Cirriformia</i> sp.1                        |                           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Dodecaceria concharum</i>                   | Örsted, 1843              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 6       | 5       | 11   |
| <i>Dodecaceria</i> sp.1                        |                           | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Kirkegaardia dorsobranchialis</i>           | (Kirkegaard, 1959)        | 213     | 39      | 6       | 116     | 33      | 93      | 40      | 4       | 52      | 596  |
| <i>Kirkegaardia</i> sp.1                       |                           | 9       | 2       | 0       | 10      | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 23   |

|   | stazioni                     | OL14/R1 | OL14/R2 | OL14/R3 | OL17/R1 | OL17/R2 | OL17/R3 | OL26/R1 | OL26/R2 | OL26/R3 |     |      |
|---|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|------|
| specie                                    | AUTORI                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |     | Tot. |
| <i>Kirkegaardia</i> sp.2                  |                              | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1   |      |
| <i>Malmgrenia liliana</i>                 | (Pettibone, 1993)            | 4       | 1       | 6       | 0       | 0       | 0       | 3       | 2       | 4       | 20  |      |
| <i>Malmgrenia lunulata</i>                | (Delle Chiaje, 1830)         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 8       | 0       | 2       | 10  |      |
| <i>Pelogenia arenosa</i>                  | (Delle Chiaje, 1830)         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1   |      |
| <i>Hesiospina aurantiaca</i>              | (M. Sars, 1862)              | 0       | 1       | 0       | 0       | 1       | 0       | 1       | 0       | 0       | 3   |      |
| Hesionidae ind.                           |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 2       | 3   |      |
| <i>Nereididae</i> sp. 1                   |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 11      | 0       | 0       | 11  |      |
| <i>Nereididae</i> sp. 2                   |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 6       | 2       | 2       | 10  |      |
| <i>Nereididae</i> sp. 3                   |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 2       | 0       | 6   |      |
| <i>Nereididae</i> sp. 4                   |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 1       | 4       | 1       | 8   |      |
| <i>Ceratonereis</i> sp. 1                 |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 156     | 118     | 138     | 412 |      |
| <i>Pilargis</i> cfr. <i>maculata</i>      | Hartman, 1947                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 3       | 5   |      |
| <i>Pilargis verrucosa</i>                 | Saint-Joseph, 1899           | 0       | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 7       | 0       | 0       | 8   |      |
| Syllidae ind.                             |                              | 4       | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 68      | 68      | 39      | 180 |      |
| <i>Glycera alba</i>                       | (O.F. Müller, 1776)          | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 3   |      |
| <i>Glycera unicornis</i>                  | Lamarck, 1818                | 6       | 3       | 3       | 2       | 5       | 2       | 5       | 0       | 2       | 28  |      |
| <i>Goniada</i> ind.                       |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 1       | 2   |      |
| <i>Nephtys hombergii</i>                  | Savigny in Lamarck, 1818     | 1       | 0       | 0       | 1       | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3   |      |
| <i>Eulalia brunnea</i>                    | (Hartmann-Schröder, 1963)    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 8       | 0       | 10  |      |
| <i>Mysta picta</i>                        | (Quatrefages, 1866)          | 1       | 0       | 3       | 0       | 0       | 0       | 5       | 2       | 4       | 15  |      |
| <i>Pseudomystides</i> cfr. <i>limbata</i> | (Saint-Joseph, 1888)         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1   |      |
| <i>Phyllodoce</i> ind.                    |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 4       | 0       | 3       | 8   |      |
| <i>Gallardoneris iberica</i>              | Martins <i>et al.</i> , 2012 | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 8       | 2       | 0       | 11  |      |
| <i>Schistomeringos neglecta</i>           | (Fauvel, 1923)               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 2       | 0       | 6   |      |
| <i>Schistomeringos rudolphi</i>           | (Delle Chiaje, 1828)         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 18      | 10      | 22      | 50  |      |
| <i>Schistomeringos</i> ind.               |                              | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1   |      |
| <i>Protodorvillea kefersteini</i>         | (McIntosh, 1869)             | 1       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 134     | 158     | 117     | 411 |      |
| <i>Protodorvillea</i> sp1.                |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 45      | 0       | 23      | 68  |      |
| <i>Eunice vittata</i>                     | (Delle Chiaje, 1828)         | 4       | 12      | 0       | 2       | 2       | 1       | 83      | 74      | 61      | 239 |      |
| <i>Eunice</i> sp.1                        |                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 0       | 4   |      |
| <i>Leodice limosa</i>                     | (Ehlers, 1868)               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 73      | 0       | 21      | 94  |      |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|                                    | stazioni                          | OL14/R1 | OL14/R2 | OL14/R3 | OL17/R1 | OL17/R2 | OL17/R3 | OL26/R1 | OL26/R2 | OL26/R3 |            |      |
|------------------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|------|
| specie                             | AUTORI                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |            | Tot. |
| <i>Lysidice unicornis</i>          | (Grube, 1840)                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 14      | 11      | <b>29</b>  |      |
| <i>Lumbrineris luciliae</i>        | Martins <i>et al.</i> , 2012      | 42      | 22      | 27      | 0       | 0       | 1       | 9       | 4       | 12      | <b>117</b> |      |
| <i>Arabella iricolor</i>           | (Montagu, 1804)                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | <b>1</b>   |      |
| <i>Drilonereis brattstroemi</i>    | Fauchald, 1972                    | 0       | 2       | 3       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 2       | <b>11</b>  |      |
| <i>Diopatra marocensis</i>         | Paxton, Fadlaoui & Lechapt, 1995  | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 8       | 0       | 3       | <b>12</b>  |      |
| Fabriciidae ind.                   |                                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 14      | 20      | <b>38</b>  |      |
| <i>Branchiomma cfr. spongiarum</i> | Knight-Jones, 1994                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 22      | 20      | 7       | <b>49</b>  |      |
| <i>Dialychone</i> sp.1             |                                   | 0       | 0       | 0       | 10      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | <b>10</b>  |      |
| <i>Hydroides dianthus</i>          | (Verrill, 1873)                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | <b>1</b>   |      |
| <i>Hydroides elegans</i>           | (Haswell, 1883) [nomen protectum] | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 116     | 76      | 94      | <b>286</b> |      |
| <i>Spirobranchus polytrema</i>     | (Philippi, 1844)                  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | <b>1</b>   |      |
| <i>Galathowenia oculata</i>        | (Zachs, 1923)                     | 19      | 0       | 0       | 81      | 0       | 0       | 14      | 8       | 10      | <b>132</b> |      |
| <i>Owenia fusiformis</i>           | Delle Chiaje, 1844                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 0       | <b>4</b>   |      |
| <i>Amphictene auricoma</i>         | (O.F. Müller, 1776)               | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | <b>1</b>   |      |
| <i>Lagis koreni</i>                | Malmgren, 1866                    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 7       | 6       | 3       | <b>16</b>  |      |
| <i>Sabellaria alcocki</i>          | Gravier, 1906                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 20      | 22      | 8       | <b>50</b>  |      |
| Sabellidae ind.                    |                                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 38      | 16      | 21      | <b>77</b>  |      |
| <i>Ampharete lindstroemi</i>       | Malmgren, 1867 sensu Hessle, 1917 | 0       | 2       | 3       | 5       | 1       | 1       | 1       | 0       | 4       | <b>17</b>  |      |
| <i>Melinna albicincta</i>          | Mackie & Pleijel, 1995            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 23      | 12      | 0       | <b>35</b>  |      |
| <i>Melinna palmata</i>             | Grube, 1870                       | 10      | 2       | 3       | 21      | 9       | 7       | 0       | 10      | 12      | <b>74</b>  |      |
| <i>Nicolea venustula</i>           | (Montagu, 1819)                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 18      | 10      | <b>28</b>  |      |
| <i>Pista cristata</i>              | (Müller, 1776)                    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 85      | 126     | 64      | <b>275</b> |      |
| <i>Pista mediterranea</i>          | Gaillande, 1970                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 367     | 154     | 231     | <b>752</b> |      |
| <i>Pista unibranchia</i>           | Day, 1963                         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | <b>2</b>   |      |
| <i>Pista</i> sp.1                  |                                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 5       | 0       | 0       | <b>5</b>   |      |
| <i>Amaeana trilobata</i>           | (Sars, 1863)                      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 0       | <b>4</b>   |      |
| <i>Polycirrus</i> sp. 1            |                                   | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 0       | 2       | <b>6</b>   |      |
| <i>Polycirrus</i> sp.2             |                                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | <b>1</b>   |      |
| <i>Polycirrus</i> ind.             |                                   | 0       | 7       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | <b>7</b>   |      |
| <i>Streblosoma hesslei</i>         | Day, 1955                         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 6       | 5       | <b>13</b>  |      |
| <i>Diplocirrus glaucus</i>         | (Malmgren, 1867)                  | 1       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | <b>2</b>   |      |



|  | stazioni          | OL14/R1    | OL14/R2    | OL14/R3    | OL17/R1    | OL17/R2    | OL17/R3    | OL26/R1     | OL26/R2     | OL26/R3     |             |
|--|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| specie                                       | AUTORI            |            |            |            |            |            |            |             |             |             | Tot.        |
| <i>Trophoniella</i> cfr. <i>fernandensis</i> | Caullery, 1944    | 0          | 1          | 3          | 0          | 0          | 0          | 56          | 65          | 41          | 166         |
| <i>Aonides oxycephala</i>                    | (Sars, 1862)      | 1          | 0          | 0          | 0          | 1          | 1          | 227         | 106         | 183         | 519         |
| <i>Microspio</i> cfr. <i>mecznikowianus</i>  | Mesnil, 1896      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1           | 0           | 0           | 1           |
| <i>Prionospio cirrifera</i>                  | Wirén, 1883       | 12         | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0           | 2           | 2           | 17          |
| <i>Prionospio fallax</i>                     | Söderström, 1920  | 20         | 12         | 0          | 12         | 2          | 12         | 7           | 6           | 9           | 80          |
| <i>Prionospio pulchra</i>                    | Imajima, 1990     | 2          | 2          | 0          | 0          | 0          | 0          | 5           | 0           | 0           | 9           |
| <i>Pseudolopydora</i> ind.                   |                   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1           | 4           | 0           | 5           |
| <i>Scolecopsis (Scolecopsis) cantabra</i>    | (Rioja, 1918)     | 0          | 0          | 0          | 7          | 0          | 2          | 0           | 0           | 0           | 9           |
| <i>Scolecopsis korsuni</i>                   | Sikorski, 1994    | 0          | 0          | 0          | 2          | 0          | 1          | 0           | 0           | 0           | 3           |
| <i>Spio filicornis</i>                       | (Müller, 1776)    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 8           | 3           | 11          |
| <i>Spio martinensis</i>                      | Mesnil, 1896      | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 1           |
| Spionidae ind.                               |                   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1           | 0           | 2           | 3           |
| <i>Spiochaetopterus costarum</i>             | (Claparède, 1869) | 6          | 5          | 0          | 3          | 1          | 0          | 233         | 160         | 141         | 549         |
| <i>Magelona allenii</i>                      | Wilson, 1958      | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 1           |
|  |                   | <b>495</b> | <b>197</b> | <b>147</b> | <b>401</b> | <b>112</b> | <b>170</b> | <b>2891</b> | <b>1853</b> | <b>2224</b> | <b>8490</b> |
| <b>CRUSTACEA</b>                             |                   |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |
| <b>CUMACEA</b>                               |                   |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |
| <i>Bodotria scorpioides</i>                  | Montagu, 1804     | 1          | 0          | 0          | 2          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 3           |
| <i>Iphinoe tenella</i>                       | Sars, 1878        | 2          | 4          | 0          | 8          | 0          | 0          | 0           | 2           | 2           | 18          |
| <i>Cumella</i> sp.                           |                   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1           | 0           | 0           | 1           |
| <i>Vaunthompsonia cristata</i>               | Bate, 1858        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 1           | 1           |
| <b>TANAIDACEA</b>                            |                   |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |
| <i>Chondrochelia savignyi</i>                | (Kroyer, 1842)    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 3           | 2           | 10          | 15          |
| <i>Tanais</i> sp.                            |                   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 6           | 0           | 0           | 6           |
| <b>ISOPODA</b>                               |                   |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |
| <i>Idotea baltica</i>                        | (Pallas, 1772)    | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 1           |
| <i>Anthura gracilis</i>                      | (Montagu, 1808)   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 14          | 2           | 10          | 26          |
| <i>Cymodoce truncata</i>                     | Leach, 1814       | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 26          | 4           | 9           | 39          |
| <i>Paracerceis sculpta</i>                   | (Holmes, 1904)    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1           | 0           | 0           | 1           |
| <b>AMPHIPODA</b>                             |                   |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |
| <i>Ampelisca sarsi</i>                       | Chevreaux, 1888   | 0          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 1           |

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleSistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|                                    | stazioni            | OL14/R1 | OL14/R2 | OL14/R3 | OL17/R1 | OL17/R2 | OL17/R3 | OL26/R1 | OL26/R2 | OL26/R3 |      |
|------------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| specie                             | AUTORI              |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Tot. |
| <i>Ampelisca tenuicornis</i>       | Liljeborg, 1855     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Ampithoe ramondi</i>            | Audouin, 1826       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Ampelisca</i> ind.              |                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 2       | 0       | 3    |
| <i>Autonoe spiniventris</i>        | (Della Valle, 1893) | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 5       | 0       | 0       | 5    |
| <i>Microdeutopus algicola</i>      | Della Valle, 1893   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 0       | 4       | 7    |
| <i>Microdeutopus</i> ind.          |                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 1    |
| <i>Apocorophium acutum</i>         | (Chevreux, 1908)    | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 2       | 0       | 5       | 8    |
| <i>Dexamine spinosa</i>            | (Montagu, 1813)     | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 36      | 10      | 10      | 57   |
| <i>Dexamine</i> ind.               |                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 1    |
| <i>Erichthonius brasiliensis</i>   | (Dana, 1853)        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 2       | 4    |
| <i>Leucothoe richiardii</i>        | Lessona, 1865       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Othomaera knudseni</i>          | (Reid, 1951)        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 2    |
| <i>Elasmopus rapax</i>             | A. Costa, 1853      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Synchelidium longidigitatum</i> | Ruffo, 1947         | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Pereionotus testudo</i>         | (Montagu, 1808)     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 4       | 8    |
| <i>Caprella scaura</i>             | Templeton, 1836     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 0       | 0       | 3    |
| <i>Caprella</i> ind.               |                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 1    |
| <i>Pseudolirius kroyerii</i>       | (Haller, 1879)      | 10      | 1       | 0       | 2       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 13   |
| <i>Phtisica marina</i>             | Slabber, 1769       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 7       | 0       | 2       | 9    |
| <b>DECAPODA</b>                    |                     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |      |
| <i>Athanas nitescens</i>           | (Leach, 1814)       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 4       | 3       | 10   |
| <i>Processa edulis</i>             | (Risso, 1816)       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3       | 0       | 0       | 3    |
| <i>Gourretia denticulata</i>       | (Lutze, 1937)       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Paguristes eremita</i>          | (Linnaeus, 1767)    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Pagurus cuanensis</i>           | Bell, 1845          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 2       | 4    |
| <i>Pagurus</i> juv.                |                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 4       | 0       | 0       | 4    |
| <i>Paguridae</i> ind.              |                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 5       | 5    |
| <i>Achaeus gracilis</i>            | (O.G. Costa, 1839)  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 1    |
| <i>Ilia nucleus</i>                | (Linnaeus, 1758)    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1    |
| <i>Inachus leptochirus</i>         | Leach, 1817         | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2       | 0       | 0       | 2    |
| <i>Sirpus zariquieyi</i>           | Gordon, 1953        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 0       | 0       | 1    |



|                                  | stazioni             | OL14/R1   | OL14/R2  | OL14/R3  | OL17/R1   | OL17/R2  | OL17/R3  | OL26/R1    | OL26/R2   | OL26/R3   |            |
|----------------------------------|----------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| specie                           | AUTORI               |           |          |          |           |          |          |            |           |           | Tot.       |
| <i>Liocarcinus navigator</i>     | (Herbst, 1794)       | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 4          | 0         | 0         | 4          |
| <i>Pilumnus</i> ind.             |                      | 0         | 1        | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 0         | 0         | 1          |
| Decapoda ind.                    |                      | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 1          | 0         | 0         | 1          |
|                                  |                      | <b>15</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>15</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>143</b> | <b>30</b> | <b>73</b> | <b>276</b> |
| <b>ECHINODERMATA</b>             |                      |           |          |          |           |          |          |            |           |           |            |
| <b>ASTEROIDEA</b>                |                      |           |          |          |           |          |          |            |           |           |            |
| <i>Astropecten platyacanthus</i> | (Philippi, 1837)     | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 2         | 0         | 2          |
| <i>Astropecten</i> juv.          |                      | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 0         | 5         | 5          |
| <i>Asterina gibbosa</i>          | (Pennant, 1777)      | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 2          | 0         | 0         | 2          |
| <b>OPHIUROIDEA</b>               |                      |           |          |          |           |          |          |            |           |           |            |
| <i>Amphipholis squamata</i>      | (Delle Chiaje, 1828) | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 9          | 0         | 0         | 9          |
| <i>Amphiura chiajei</i>          | Forbes, 1843         | 9         | 5        | 0        | 0         | 0        | 0        | 5          | 0         | 5         | 24         |
| <i>Amphiura</i> juv.             |                      | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 2         | 0         | 2          |
| <i>Amphiura</i> ind.             |                      | 0         | 1        | 0        | 0         | 0        | 0        | 0          | 0         | 0         | 1          |
| <b>HOLOTHUROIDEA</b>             |                      |           |          |          |           |          |          |            |           |           |            |
| <i>Holothuria tubulosa</i>       | Gmelin, 1788         | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 1          | 0         | 0         | 1          |
|                                  |                      | <b>9</b>  | <b>6</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>17</b>  | <b>4</b>  | <b>10</b> | <b>46</b>  |

**n. individui totali**

**10002**

**Tabella 2** - Lista specie rinvenute nelle tre stazioni campionate.

## **MOLLUSCA**

### **POLYPLACOPHORA**

*Lepidopleurus cajetanus* (Poli, 1791)  
*Leptochiton cimicoides* (Monterosato, 1879)  
*Rhyssoplax olivacea* (Spengler, 1797)  
Leptochitonidae sp.1  
*Acanthochitona crinita* (Pennant, 1777)  
*Acanthochitona fascicularis* (Linnaeus, 1767)

### **GASTROPODA**

*Smaragdia viridis* (Linnaeus, 1758)  
*Jujubinus striatus* (Linnaeus, 1758)  
*Cerithium vulgatum* Bruguière, 1792  
*Alvania mamillata* Risso, 1826  
*Pusillina* cfr. *lineolata* Michaud, 1830)  
*Caecum trachea* (Montagu, 1803)  
*Calyptreaea chinensis* (Linnaeus, 1758)  
*Crepidula moulinsii* Michaud, 1829  
*Naticarius hebraeus* (Martyn, 1786)  
*Euspira intricata* (Donovan, 1804)  
*Euspira nitida* (Donovan, 1803)  
*Vitreolina philippi* (de Rayneval & Ponzi, 1854)  
*Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758)  
*Ocenebrina aciculate* (Lamarck, 1822)  
*Euthria cornea* (Linnaeus, 1758)  
*Gibberula miliaria* (Linnaeus, 1758)  
*Granulina marginata* (Bivona, 1832)  
*Conus ventricosus* Gmelin, 1791  
*Mangelia costulata* Risso, 1826  
*Cyrellia linearis* (Montagu, 1803)  
*Megastomia conoidea* (Brocchi, 1814)  
*Parthenina* sp.1  
*Turbonilla acutissima* Monterosato, 1884  
*Bulla striata* Bruguière, 1792  
*Haminoea* cfr. *hydatis* (Linnaeus, 1758)  
*Haminoea navicula* (da Costa, 1778)  
*Hermania scabra* (O. F. Müller, 1784)  
*Philine quadripartita* Ascanius, 1772

### **BIVALVIA**

*Gouldia minima* (Montagu, 1803)  
*Nucula nitidosa* Winckworth, 1930  
*Lembulus pella* (Linnaeus, 1758)  
*Arca noae* Linnaeus, 1758  
*Musculus costulatus* (Risso, 1826)  
*Musculus subpictus* (Cantraine, 1835)  
*Anomia ephippium* Linnaeus, 1758



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

*Limaria hians* (Gmelin, 1791)  
*Ctena decussata* (O. G. Costa, 1829)  
*Loripes orbiculatus* Poli, 1795  
*Lucinella divaricata* (Linnaeus, 1758)  
*Loripinus fragilis* (Philippi, 1836)  
*Bornia sebetia* (O. G. Costa, 1830)  
*Kurtiella bidentata* (Montagu, 1803)  
*Cardites antiquatus* (Linnaeus, 1758)  
*Parvicardium exiguum* (Gmelin, 1791)  
*Papillicardium papillosum* (Poli, 1791)  
*Fulvia fragilis* (Forsskål in Niebuhr, 1775)  
*Spisula subtruncata* (da Costa, 1778)  
*Moerella distorta* (Poli, 1791)  
*Peronidia albicans* (Gmelin, 1791)  
*Serratina serrata* (Brocchi, 1814)  
*Gastrana fragilis* (Linnaeus, 1758)  
*Gari depressa* (Pennant, 1777)  
*Abra alba* (W. Wood, 1802)  
*Abra nitida* (O. F. Müller, 1776)  
*Dosinia lupinus* (Linnaeus, 1758)  
*Pitar rudis* (Poli, 1795)  
*Polittapes aureus* (Gmelin, 1791)  
*Venus verrucosa* Linnaeus, 1758  
*Lajonkairia lajonkairii* (Payraudeau, 1826)  
*Corbula gibba* (Olivi, 1792)  
*Hiatella arctica* (Linnaeus, 1767)  
*Rocellaria dubia* (Pennant, 1777)

#### SCAPHOPODA

*Antalis inaequicostata* (Dautzenberg, 1891)  
*Antalis vulgaris* da Costa, 1778)

#### **POLYCHAETA**

*Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864)  
*Mediomastus capensis* Day, 1961  
*Notomastus aberans* Day, 1957  
*Notomastus lineatus* Claparède, 1869  
*Pseudoleiocardia fauveli* Harmelin, 1964  
*Leiochone leiopygos* (Grube, 1860)  
*Euclymene oerstedii* (Claparède, 1863)  
*Petaloproctus terricolus* Quatrefages, 1866  
*Polyophthalmus pictus* (Dujardin, 1839)  
*Lipobranchius jeffreysii* (McIntosh, 1869)  
*Asclerocheilus intermedius* (Saint-Joseph, 1894)  
*Sclerocheilus minutus* Grube, 1863  
*Naineris setosa* (Verrill, 1900)  
*Phylo foetida* (Claparède, 1868)  
*Scoloplos typicus* (Eisig, 1914)  
*Aricidea (Acmira) catherinae* Laubier, 1967  
*Aricidea (Acmira) cerrutii* Laubier, 1966  
*Aricidea (Strelzovia) suecica meridionalis* Laubier & Ramos, 1974



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

*Cirrophorus furcatus* Hartman, 1936  
*Cirrophorus* sp.1  
*Paradoneis armata* Glémarec, 1966  
*Paradoneis ilvana* Castelli, 1985  
*Cirratulidae* sp.1  
*Cirratulidae* sp.2  
*Aphelochaeta marioni* (Saint-Joseph, 1894)  
*Aphelochaeta* sp.1  
*Caulleriella mediterranea* Lezzi, 2017  
*Chaetozone caputesocis* (Saint-Joseph, 1894)  
*Chaetozone carpenteri* McIntosh, 1911  
*Chaetozone corona* Berkeley & Berkeley, 1941  
*Chaetozone elakata* Blake & Lavesque, 2017  
*Chaetozone gibber* Woodham & Chambers, 1994  
*Cirriformia semicineta* (Ehlers, 1905)  
*Cirriformia tentaculata* (Montagu, 1808)  
*Cirriformia* sp.1  
*Dodecaceria concharum* Örsted, 1843  
*Dodecaceria* sp.1  
*Kirkegaardia dorsobranchialis* (Kirkegaard, 1959)  
*Kirkegaardia* sp.1  
*Kirkegaardia* sp.2  
*Malmgrenia lilianae* (Pettibone, 1993)  
*Malmgrenia lunulata* (Delle Chiaje, 1830)  
*Pelogenia arenosa* (Delle Chiaje, 1830)  
*Hesiospina aurantiaca* (M. Sars, 1862)  
*Nereididae* sp. 1  
*Nereididae* sp. 2  
*Nereididae* sp. 3  
*Nereididae* sp. 4  
*Ceratonereis* sp.1  
*Pilargis* cfr. *maculata* Hartman, 1947  
*Pilargis verrucose* Saint-Joseph, 1899  
*Glycera alba* (O.F. Müller, 1776)  
*Glycera unicornis* Lamarck, 1818  
*Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818  
*Eulalia brunnea* (Hartmann-Schröder, 1963)  
*Mysta picta* (Quatrefages, 1866)  
*Pseudomystides* cfr. *limbate* (Saint-Joseph, 1888)  
*Gallardonneris iberica* Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012  
*Schistomeringos neglecta* (Fauvel, 1923)  
*Schistomeringos rudolphi* (Delle Chiaje, 1828)  
*Protodorvillea kefersteini* (McIntosh, 1869)  
*Protodorvillea* sp.1  
*Eunice vittata* (Delle Chiaje, 1828)  
*Eunice* sp.1  
*Leodice limosa* (Ehlers, 1868)  
*Lysidice unicornis* (Grube, 1840)  
*Lumbrineris luciliae* Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012  
*Arabella iricolor* (Montagu, 1804)



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

*Drilonereis brattstroemi* Fauchald, 1972  
*Diopatra marocensis* Paxton, Fadlaoui & Lechapt, 1995  
*Branchiomma* cfr. *spongiarum* Knight-Jones, 1994  
*Dialychone* sp.1  
*Hydroides dianthus* (Verrill, 1873)  
*Hydroides elegans* (Haswell, 1883) [nomen protectum]  
*Spirobranchus polytrema* (Philippi, 1844)  
*Galathowenia oculata* (Zachs, 1923)  
*Owenia fusiformis* Delle Chiaje, 1844  
*Amphictene auricoma* (O.F. Müller, 1776)  
*Lagis koreni* Malmgren, 1866  
*Sabellaria alcocki* Gravier, 1906  
*Ampharete lindstroemi* Malmgren, 1867 sensu Hessle, 1917  
*Melinna albicincta* Mackie & Pleijel, 1995  
*Melinna palmata* Grube, 1870  
*Nicolea venustula* (Montagu, 1819)  
*Pista cristata* (Müller, 1776)  
*Pista mediterranea* Gaillande, 1970  
*Pista unibranchia* Day, 1963  
*Pista* sp.1  
*Amaeana trilobata* (Sars, 1863)  
*Polycirrus* sp. 1  
*Polycirrus* sp.2  
*Streblosoma hesslei* Day, 1955  
*Diplocirrus glaucus* (Malmgren, 1867)  
*Trophoniella* cfr. *fernandensis* Caullery, 1944  
*Aonides oxycephala* (Sars, 1862)  
*Microspio* cfr. *mecznikowianus* Mesnil, 1896  
*Prionospio cirrifera* Wirén, 1883  
*Prionospio fallax* Söderström, 1920  
*Prionospio pulchra* Imajima, 1990  
*Scolelepis (Scolelepis) cantabra* (Rioja, 1918)  
*Scolelepis korsuni* Sikorski, 1994  
*Spio filicornis* (Müller, 1776)  
*Spio martinensis* Mesnil, 1896  
*Spiochaetopterus costarum* (Claparède, 1869)  
*Magelona alleni* Wilson, 1958

## **CRUSTACEA**

### CUMACEA

*Bodotria scorpiodes* Montagu, 1804  
*Iphinoe tenella* Sars, 1878  
*Cumella* sp.  
*Vaunthompsonia cristata* Bate, 1858

### TANAIDACEA

*Chondrochelia savignyi* (Kroyer, 1842)  
*Tanais* sp.

### ISOPODA

*Idotea baltica* (Pallas, 1772)  
*Anthura gracilis* (Montagu, 1808)



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

*Cymodoce truncata* Leach, 1814  
*Paracerceis sculpta* (Holmes, 1904)

#### AMPHIPODA

*Ampelisca sarsi* Chevreux, 1888  
*Ampelisca tenuicornis* Liljeborg, 1855  
*Ampithoe ramondi* Audouin, 1826  
*Autonoe spiniventris* (Della Valle, 1893)  
*Microdeutopus algicola* Della Valle, 1893  
*Apocorophium acutum* (Chevreux, 1908)  
*Dexamine spinosa* (Montagu, 1813)  
*Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1853)  
*Leucothoe richiardii* Lessona, 1865  
*Othomaera knudseni* (Reid, 1951)  
*Elasmopus rapax* A. Costa, 1853  
*Synchelidium longidigitatum* Ruffo, 1947  
*Pereionotus testudo* (Montagu, 1808)  
*Caprella scaura* Templeton, 1836  
*Pseudolirius kroyerii* (Haller, 1879)  
*Phtisica marina* Slabber, 1769

#### DECAPODA

*Athanas nitescens* (Leach, 1814)  
*Processa edulis* (Risso, 1816)  
*Gourretia denticulata* (Lutze, 1937)  
*Paguristes eremita* (Linnaeus, 1767)  
*Pagurus cuanensis* Bell, 1845  
*Achaeus gracilis* (O.G. Costa, 1839)  
*Ilia nucleus* (Linnaeus, 1758)  
*Inachus leptochirus* Leach, 1817  
*Sirpus zariquieyi* Gordon, 1953  
*Liocarcinus navigator* (Herbst, 1794)

#### **ECHINODERMATA**

##### ASTEROIDEA

*Astropecten platyacanthus* (Philippi, 1837)  
*Asterina gibbosa* (Pennant, 1777)

##### OPHIUROIDEA

*Amphipholis squamata* (Delle Chiaje, 1828)  
*Amphiura chiajei* Forbes, 1843

##### HOLOTHUROIDEA

*Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788

## STAZIONE OL14

In questa stazione il popolamento bentonico è costituito da 1.045 individui appartenenti a 59 specie. I Policheti sono risultati il gruppo dominante per numero di individui (839) e specie (38). I valori più alti di individui appartengono alle specie *Kirkegaardia dorsobranchialis* con 258 individui e *Pseudoleiocapitella fauveli* (138), a cui fanno seguito, con numeri decisamente più bassi, le specie *Lumbrineris luciliae* (91 individui) e *Prionospio fallax* (32).

Il taxon dei Molluschi è costituito da 176 individui e 15 specie, *Corbula gibba* (57 individui) e *Nucula nitidosa* (34) sono risultate le più abbondanti, a cui seguono, con numeri più bassi, *Moerella distorta* (17 individui), *Abra nitida* (17), esclusiva di questa stazione, *Gouldia minima* (12) e *Kurtiella bidentata* (10).

Il gruppo dei Crostacei risulta composto da 15 individui e 5 specie. Le specie con il maggior numero di individui sono l'anfipode *Pseudolirius kroyerii* (con 11 individui) e il cumaceo *Iphinoe tenella* (6). Inoltre, sono presenti con 1 individuo ciascuno, il cumaceo *Bodotria scorpiodes*, l'anfipode *Dexamine spinosa* e l'isopode *Idotea baltica*, esclusiva di questa stazione.

Gli Echinodermi, infine, presentano 15 individui e 1 specie: l'ofiura *Amphiura chiajei* (14 individui).

In **figura 2** si riportano il numero totale di individui e specie rinvenuti in ciascuna stazione.

In **figura 3** si riportano le specie più abbondanti rinvenute nelle 3 stazioni campionate.

## STAZIONE OL17

La presente stazione mostra un popolamento bentonico composto da 743 individui e 53 specie.

I Policheti sono, anche in questa stazione, il taxon con il maggior numero di individui (683) e di specie (35). La specie dominante è risultata *Kirkegaardia dorsobranchialis* con 242 individui, a cui fanno seguito specie con abbondanze più basse, *Galathowenia oculata* (81 individui), *Mediomastus capensis* (63), e *Chaetozone gibber* (58).

Nei restanti gruppi tassonomici i Molluschi sono risultati costituiti da un totale di 45 individui appartenenti a 12 specie, *Corbula gibba* (12 individui) e *Loripes orbiculatus* (8) sono le specie più abbondanti. I Crostacei sono rappresentati da 15 individui e 6, la specie più abbondante è risultata il cumaceo *Iphinoe tenella*, con 8 individui. Infine, gli Echinodermi sono assenti in questa stazione.

In **figura 1** si riportano il numero totale di individui e specie rinvenuti in ciascuna stazione.

In **figura 2** si riportano le specie più abbondanti rinvenute nelle 3 stazioni campionate.

## STAZIONE OL26

Questa stazione mostra il popolamento bentonico più ricco di individui (8.214) e specie (196), con il 72% delle specie rivenute (pari a 141) presenti esclusivamente in questa stazione.

I valori di abbondanza degli individui appartenenti ai quattro taxa hanno evidenziato che il gruppo dei Policheti è dominante su tutti gli altri sia per il più alto numero di individui (6.968) sia di specie (96). Le specie dominanti sono risultate, *Pista mediterranea* presente con 752 individui, *Pseudoleiocardia fauveli* (651), *Spiochaetopterus costarum* (534), *Aonides oxycephala* (516), *Ceratonereis* sp.1 (412), *Protodorvillea kefersteini* (409) e *Cirriformia semicineta* (363), a cui fanno seguito specie con un numero relativamente più basso di individui, *Aphelochaeta marioni* (299), *Hydroides elegans* (286), *Pista cristata* (275), *Euclymene oerstedii* (228) e *Eunice vittata* (218). Alcune delle specie citate sono, inoltre, esclusive di questa stazione (*P. mediterranea*, *Ceratonereis* sp.1, *C. semicineta*, *H. elegans* e *P. cristata*).

Il taxon dei Molluschi è risultato il secondo gruppo più abbondante sia come individui (969) sia come specie (64). Tra i bivalvi troviamo come specie più abbondanti, *Loripes orbiculatus* con 146 individui e *Abra alba* (129); sono, inoltre, presenti, con 40 individui ciascuno, *Loripinus fragilis*, *Papillicardium papillosum* e *Venus verrucosa*, con le ultime due specie presenti solo in questa stazione. Tra i gasteropodi le specie più rappresentative sono risultate *Haminoea* cfr. *hydatis* (67 individui), *Bulla striata* (42), *H. navicula* (42) e *Caecum trachea* (38), le ultime tre specie sono risultate esclusive di questa stazione.

I Crostacei sono rappresentati da 246 individui e 31 specie. L'anfipode *Dexamine spinosa* con 56 individui e l'isopode *Cymodoce truncata* (39), presente solo in questa stazione, sono risultate le specie più rappresentative. Fanno seguito, l'isopode *Anthura gracilis* (26 individui), il tanaidaceo *Chondrochelia savignyi* (15), il decapode *Athanas nitescens* (10), gli anfipodi *Phtisica marina* (9) e *Pereionotus testudo* (8), tutte specie ritrovate solo in questa stazione.

Infine, gli Echinodermi sono presenti con 31 individui e 5 specie. Le specie più numerose sono risultate le ofiure *Amphiura chiajei* con 10 individui e *Amphipholis squamata* (9), con quest'ultima presente solo in questa stazione.

In **figura 1** si riportano il numero totale di individui e specie rinvenuti in ciascuna stazione.

In **figura 2** si riportano le specie più abbondanti rinvenute nelle 3 stazioni campionate.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

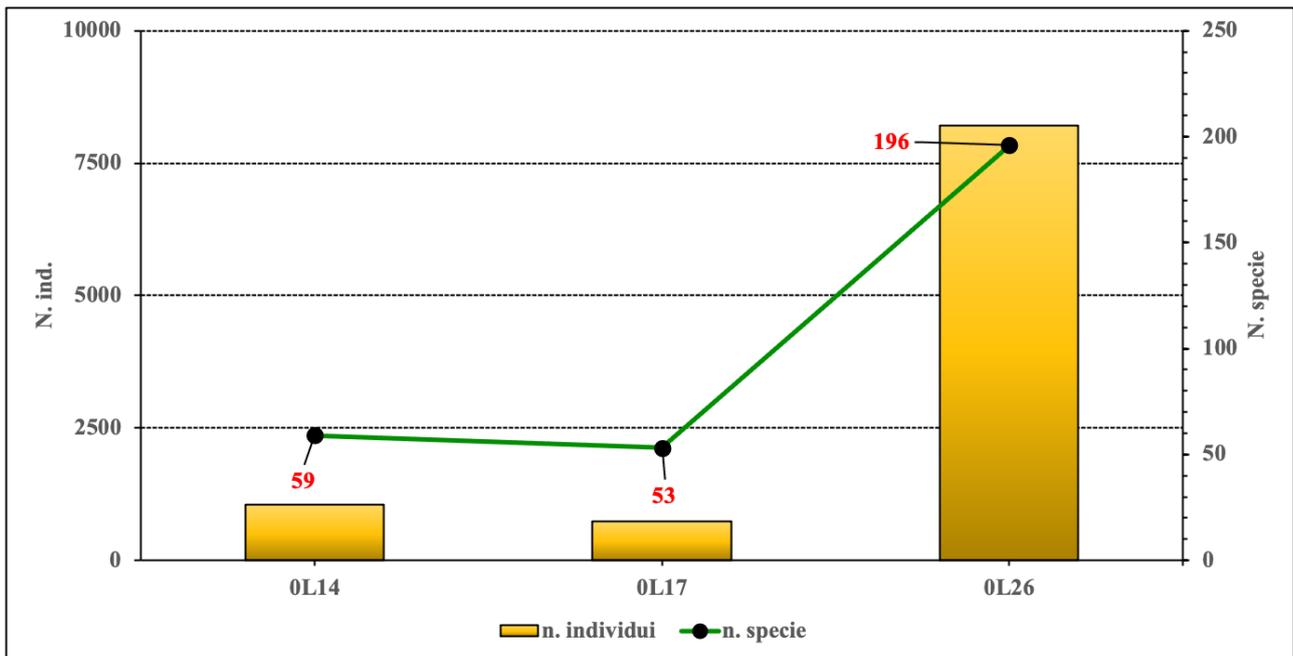


Figura 1 - Numero totale di individui e specie rinvenuti nelle tre stazioni campionate.

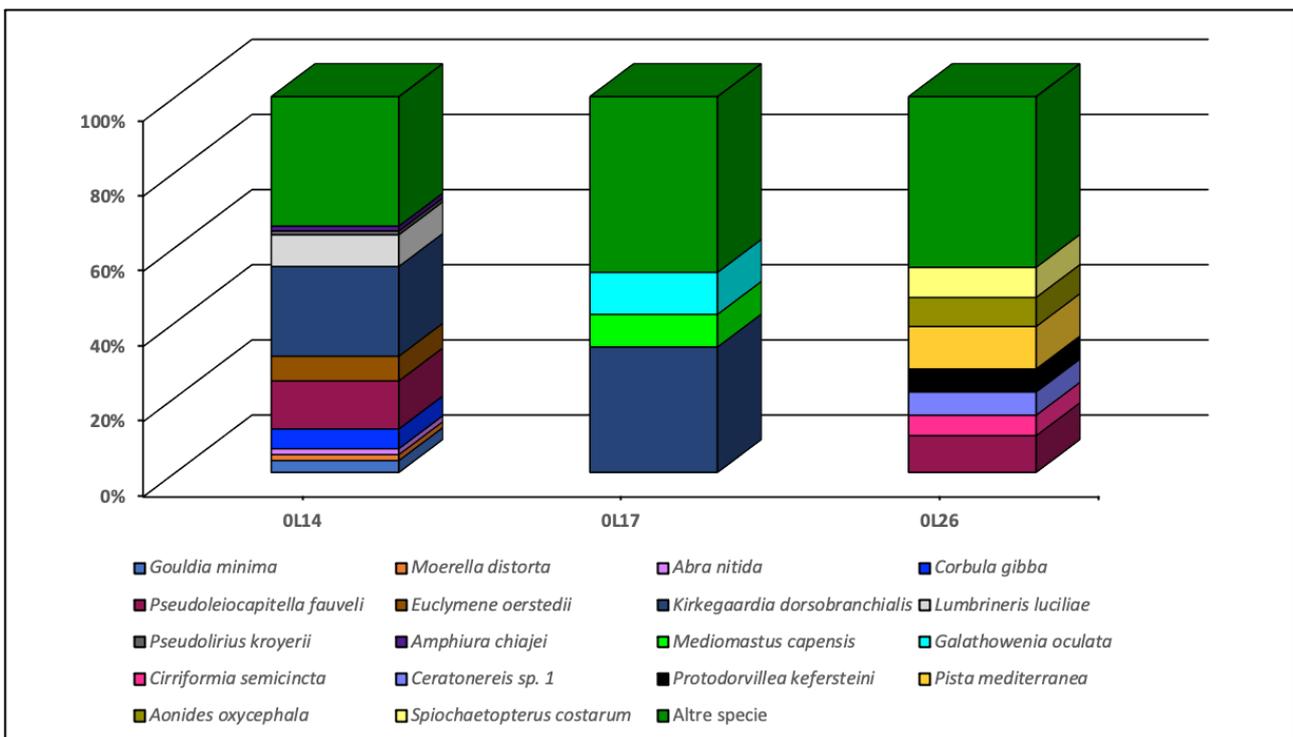


Figura 2 - Specie con il maggior numero di individui campionate nelle tre stazioni.

### 3.1 Analisi strutturale del popolamento bentonico

La struttura del popolamento bentonico è stata valutata attraverso l'analisi del numero di specie (S) e del numero di individui (N) totali per ciascuna stazione e tramite tre diversi indici di comunità ovvero l'indice di ricchezza specifica di Margalef (d), l'indice di equiripartizione di Pielou (J) e l'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') (Figure 3, 4, 5).

I valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) sono massimi nella stazione OL26, mentre nelle stazioni OL14 e OL17 i valori sono più bassi e simili tra loro (Figura 3).

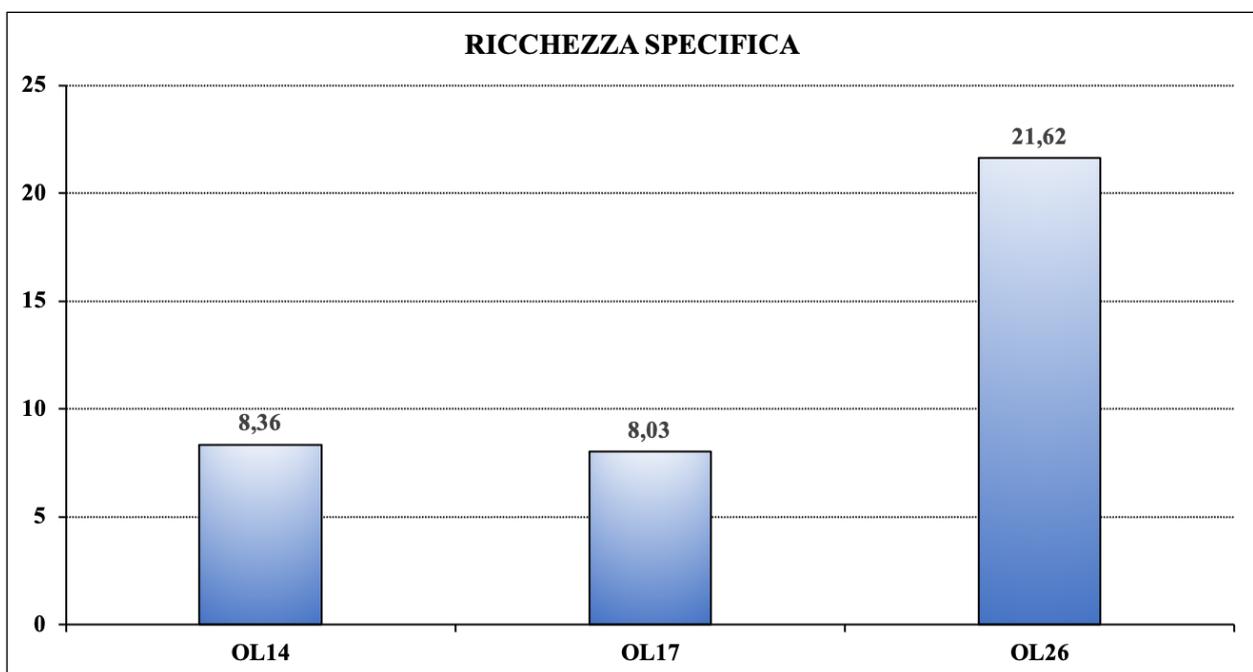


Figura 3 - Valori dell'Indice di Ricchezza Specifica (Margalef) nelle tre stazioni campionate.

I valori dell'indice di equiripartizione di Pielou (J) evidenziano una situazione sostanzialmente simile per tutte 3 le stazioni (Figura 4).

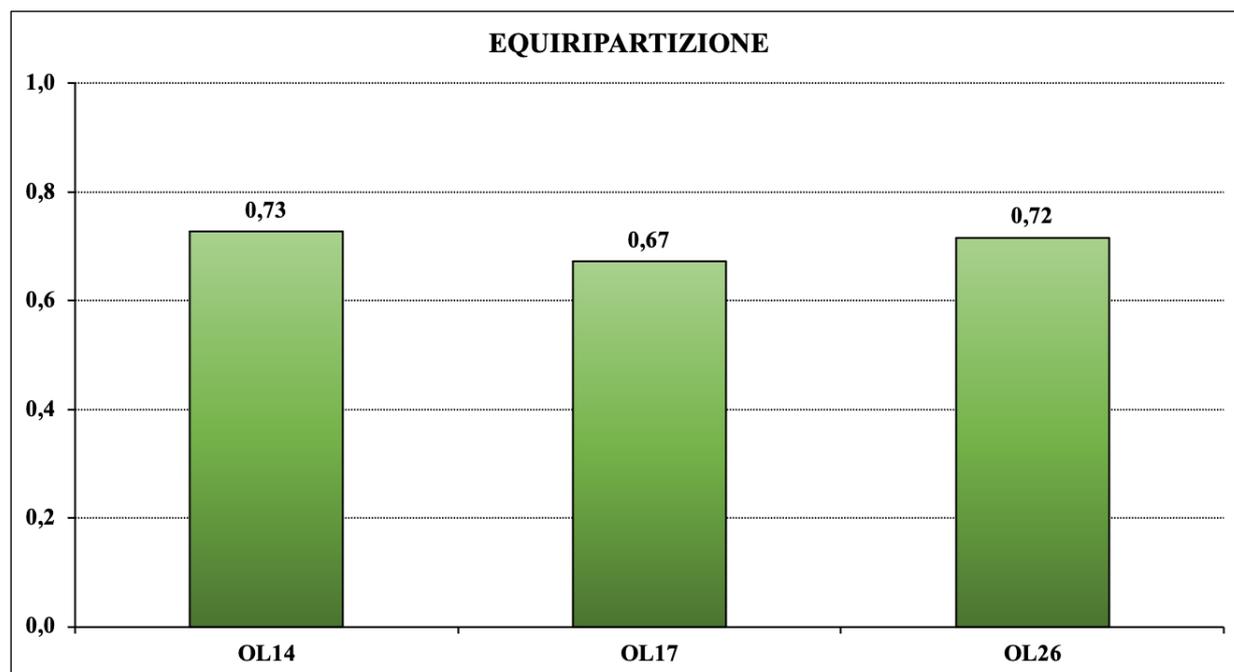


Figura 4 - Valori dell'Indice di Equiripartizione (Pielou) nelle tre stazioni campionate.

I risultati dell'indice di diversità di Shannon-Wiener, mostrano valori leggermente più alti nella stazione OL26, mentre nelle stazioni OL14 e OL17 i valori sono più bassi e simili tra loro (Figura 6).

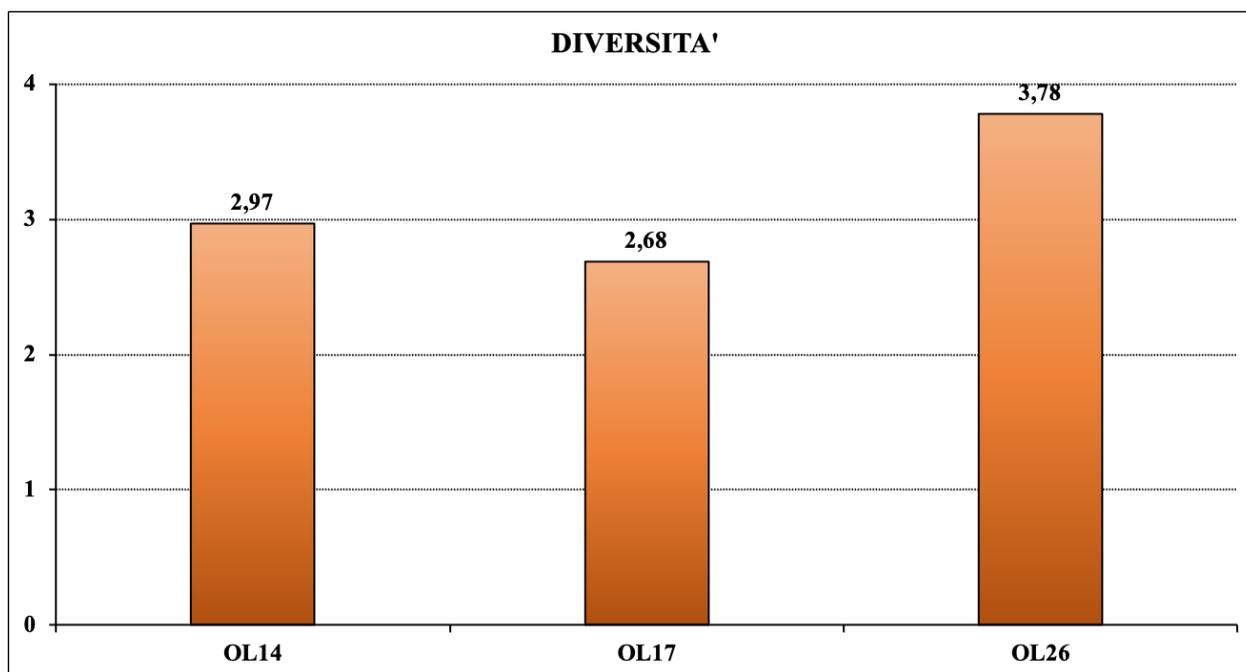
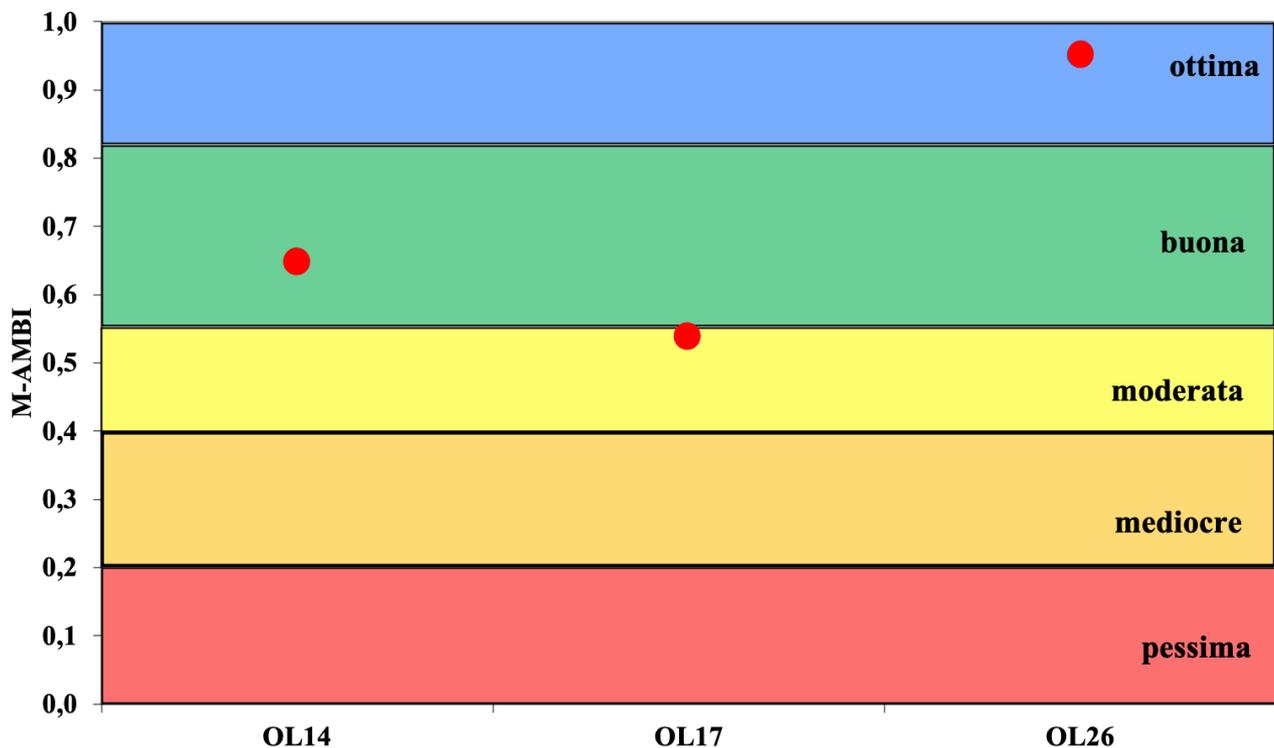


Figura 5 - Valori dell'Indice di Diversità (Shannon-Wiener) nelle tre stazioni campionate.

L'applicazione dell'indice biotico M-AMBI ha evidenziato una diversa qualità ecologica delle 3 stazioni indagate. In particolare, i risultati del calcolo dell'indice hanno collocato la stazione OL14 nella classe di qualità ecologica “*moderata*” e la stazione OL17 “*buona*”. Per quanto riguarda la stazione OL26 si deve fare un distinguo, infatti, pur ricadendo nella classe “*ottima*”, il risultato ottenuto non è congruo in quanto la percentuale di specie non assegnate, 31.2%, è superiore al limite del 20% (Figura 6).



**Figura 6** - Risultati dell'applicazione dell'M-AMBI. In particolare, per la stazione OL26 il risultato ottenuto non è congruo, in quanto la percentuale di specie non assegnate, 31.2%, è superiore al limite del 20%.

#### 4. CONCLUSIONI

In generale il popolamento bentonico rinvenuto e analizzato nelle tre stazioni, mostra una composizione quali-quantitativa dei taxa con alcune differenze.

La stazione OL14, seconda per numero di individui e specie (**Figura 1**), mostra nel suo complesso un popolamento macrozoobentonico rappresentato da specie caratteristiche di sedimenti fangosi (come il polichete *Kirkegaardia dorsobranchialis*, specie dominante, il bivalve *Abra nitida* e l'anfipode *Pseudolirius kroyerii*) associate a specie opportuniste indicatrici di alti livelli di arricchimento organico (come i bivalvi *Moerella distorta* e *Corbula gibba* e l'ofiura *Amphiura chiajei*) ([Bianchi et al., 1993a,b](#); [Bellan-Santini et al., 1989](#); [Nicoletti et al., 2004](#)), specie caratteristiche della “matte” di *Posidonia oceanica* (come il polichete *Pseudoleiocardia fauveli*) ([Bianchi et al., 1993a,b](#)) e, infine, specie tipiche di substrati grossolani e/o sabbiosi (come i policheti *Lumbrineris luciliae*, *Euclymene oerstedii* e *Aricidea (Acmira) catherinae*) ([D'Alessandro et al., 2016](#); [Bianchi et al., 1993a,b](#)).

Per quanto riguarda la stazione OL17, presenta un numero più basso di individui, ma un numero di specie simile a quello rinvenuto nella stazione OL14 (**Figura 1**). Anche in questa stazione sono presenti specie caratteristiche di sedimenti fangosi (come i policheti *K. dorsobranchialis*, che risulta anche in questa stazione la specie dominante, *Heteromastus filiformis* e *Glycera unicornis*) e specie indicatrici di arricchimento organico (come i molluschi bivalvi *C. gibba* e *M. distorta* e i policheti *S. costarum*, *P. kefersteini* e *C. gibber*) ([Bianchi et al., 1993a,b](#); [Nicoletti et al., 2004](#); [Simboura et al., 2010](#)). Sono, inoltre, presenti specie più legate ad un substrato sabbioso (come i molluschi bivalvi *Spisula subtruncata* e *Peronidia albicans*) ([Bianchi et al., 1993a,b](#)).

Infine, la stazione OL26 mostra un popolamento caratterizzato da un'alta ricchezza e diversità specifica, come si evidenzia anche dagli elevati valori dell'indice di ricchezza specifica (**Figura 3**), per la presenza del maggior numero di specie rinvenute (196) (**Figura 1**), di cui ben il 72% risulta esclusiva di questa stazione. I policheti risultano il taxon dominante, con 96 specie (**Figura 1**). Il popolamento bentonico è caratterizzato dalla presenza sia di specie legate alle praterie di Fanerogame e/o fondi duri (come l'anfipode *Dexamine spinosa*, il gastropode *Smaragdia viridis* e il polichete *Cirriformia semicineta*) ([Bellan-Santini et al., 1989](#); [Rueda et al., 2009](#); [Abdelnaby, 2020](#)), sia da specie caratteristiche della “matte” di *P. oceanica* (come il polichete *P. fauveli*) ([Bianchi et al., 1993a,b](#)). Sono state, infine, ritrovate specie indicatrici di arricchimento organico (come i policheti *S. costarum*, *P. kefersteini* e *C. gibber*) ([Bianchi et al., 1993a,b](#); [Simboura et al., 2010](#)) e specie più strettamente sabulicole e/o di fanghi sabbiosi (come i policheti *Aonides oxycephala* e *Pista mediterranea*, specie dominante) ([Bianchi et al., 1993a,b](#); [Chimenz et al., 2001](#)).



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

Infine, la classificazione ecologica effettuata con l'indice M-AMBI ha mostrato, nelle 3 stazioni indagate, una diversa qualità ecologica dei popolamenti bentonici, con la stazione OL26 che riporta un risultato non congruo in quanto la percentuale di specie non assegnate, 31.2%, è superiore al limite del 20% (Figura 6).

## 5. BIBLIOGRAFIA

Bellan-Santini D., Karaman G., Krapp-Schickel G., Ledoyer M., Myers A., Ruffo S., Schiecke U. (1982) - The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1: Gammaridae (Acanthonotozomatidae to Gammaridae). *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*, **13**: 364 pp.

Bellan-Santini D., Karaman G., Krapp-Schickel G., Ledoyer M., Ruffo S. (1993) - The Amphipoda of the Mediterranean. Part 3: Gammaridea (Melphidippidae to Talitridae), Ingolfiellidea, Caprellidea. *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*, **13**: 813 pp.

Bianchi C.N., Zurlini G. (1984) - Criteri e prospettive di una classificazione ecotipologica dei sistemi marini costieri italiani. *Acqua e aria*, **8**: 785-796.

Bianchi C. N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F. e Morri C. (1993a) - Benthos dei mari toscani. I: Livorno - isola d'Elba (crociera Enea 1985). In: O. Ferretti, F. Immordino e V. Damiani (a cura di), Arcipelago Toscano. Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico. ENEA, Roma, Serie Studi Ambientali: 263-290.

Bianchi C. N., Ceppodomo I., Cocito S., Aliani S., Dell'Amico F., Cattaneo-Vietti R. e Morri C., (1993b) - Benthos dei mari toscani. III: La Spezia - Livorno (crociera Enea 1987). In: O. Ferretti, F. Immordino e V. Damiani (a cura di), Arcipelago Toscano. Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico. ENEA, Roma, Serie Studi Ambientali: 317-337.

Castelli A., Lardicci C., Tagliapietra D. (2003) - Il macrobenthos di fondo molle. - In Manuale di metodologia di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo.

Crema R., Castelli A., Bonvicini-Pagliai A.M., Zunarelli-Vandini R., Prevedelli D., Albani L. (1993) - Studio delle comunità bentoniche di fondi molli infralitorali dell'Alto Tirreno Toscano. A cura di Nuccio C., Regione Toscana - Università di Firenze, Dip. Biol. Vegetale, Laboratorio di Ecologia: 445-488.

M. D'Alessandro, T. Romeo, L. Castriota, A. Cosentino, P. Perzia & R. Martins (2016) - New records of Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) in the Mediterranean biogeographic province, with an updated taxonomic key. *Italian Journal of Zoology*, **83**,2: 233-243. DOI: 10.1080/11250003.2016.1154615

Faiza A.A. (2020) - Alien Polychaete species and the first record of *Branchiomma bairdi* (McIntosh, 1885) from the Suez Canal and the Mediterranean coast of Egypt Egyptian. *Journal of Aquatic Biology & Fisheries* **24** (5): 13-32.

Gambi M.C., Fresi E., Giangrande A. (1982) - Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Naturalista Siciliano*, S. IV, VI (suppl.), **3**: 489-497.

Margalef R. (1958). Information theory in ecology. *Gen. Syst.* 3:367-1. *Transl. from Mem. R. Acad. Cienc. Artes. Barc.* **32**: 373-449.

Muxika, I., Borja, Á., and Bald, J. (2007) - Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* **55**, 16-29.

Nicoletti L., La Valle P., Chimenz Gusso C. (2004). Specie indicatrici: il caso *Corbula gibba* (Olivi, 1792). *Biol. Mar. Med.*, **11**(2): 273-277.

Pearson, T.H., and Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* **16**, 229-311.

Peres J.M., Picard J.C. (1964) - Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **31** (47): 5-137.

Pielou E. (1975). *Ecological Diversity*. John Wiley. New York. N.Y. 165.

J.L. Rueda, C. Salas, J. Urra, P. Marina (2009) - Herbivory on *Zostera marina* by the gastropod *Smaragdia viridis*. *Aquatic Botany* **90**: 253-260.

Shannon C. E. & Weaver W. (1963) - *The mathematical theory of Communication*. University of Illinois Press. Urbana. Illinois. 117 pp.

N. Simboura, G.K. Sahin, A. Panagoulia and N. Katsiaras (2010) - Four new alien species on the coasts of Greece (Eastern Mediterranean). *Medit. Mar. Sci.*, **11**/2: 341-352.



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

# **ALLEGATO 1**

## **RAPPORTI DI PROVA**



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|  |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|
|  | <b>Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos</b> |                                 |
|  | ISPRA  | Rapporto di analisi n. 106-2020 |

|                       |                             |                            |                                |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Daniilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                                |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                 |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                                |

|  |
|--|
| Codice campione in accettazione Area BIO: 552/2019 |
| Codice stazione e n° replica: OL14_I_R             |

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crostacei      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Daniilo Vani

Monica Targusi

Veronica Marusso

Loretta Lattanzi

Paolo Tomassetti

Data di emissione: 23/11/2020

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



**Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos**

ISPRA

Rapporto di analisi n. 107-2020

|                       |                             |                            |                                |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Daniilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                                |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                 |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                                |

Codice campione in accettazione Area BIO: 553/2019

Codice stazione e n° replica: OL14\_II\_R

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crostacei      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Daniilo Vani *Daniilo Vani*  
 Monica Targusi *Monica Targusi*  
 Veronica Marusso *Veronica Marusso*  
 Loretta Lattanzi *Loretta Lattanzi*  
 Paolo Tomassetti *Paolo Tomassetti*

Data di emissione: 23/11/2020

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti

*Paolo Tomassetti*



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos</b> |                                 |
| <b>ISPRA</b>   | Rapporto di analisi n. 108-2020 |

|                       |                             |                            |                                |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Daniilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                                |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                 |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                                |

|  |
|--|
| Codice campione in accettazione Area BIO: 554/2019 |
| Codice stazione e n° replica: OL14_III_R           |

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crostacei      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Daniilo Vani *Daniilo Vani*

Monica Targusi *Monica Targusi*

Veronica Marusso *Veronica Marusso*

Loretta Lattanzi *Loretta Lattanzi*

Paolo Tomassetti *Paolo Tomassetti*

Data di emissione: 23/11/2020

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti  
*Paolo Tomassetti*



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos</b> |                                 |
| <b>ISPRA</b>   | Rapporto di analisi n. 109-2020 |

|                       |                             |                            |                                |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Daniilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                                |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                 |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                                |

Codice campione in accettazione Area BIO: 555/2019

Codice stazione e n° replica: OL17\_I\_R

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crostacei      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Daniilo Vani *Daniilo Vani*  
 Monica Targusi *Monica Targusi*  
 Veronica Marusso *Veronica Marusso*  
 Loretta Lattanzi *Loretta Lattanzi*  
 Paolo Tomassetti *Paolo Tomassetti*

Data di emissione: 23/11/2020

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti  
*Paolo Tomassetti*



|              |  |
|--------------|--|
|              | <b>Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos</b> |
| <b>ISPRA</b> | Rapporto di analisi n. 110-2020                                |

|                       |                             |                            |                               |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Danilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                               |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                               |

|  |
|--|
| Codice campione in accettazione Area BIO: 556/2019 |
| Codice stazione e n° replica: OL17_II_R            |

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crosteacei     | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Danilo Vani *Danilo Vani*  
 Monica Targusi *Monica Targusi*  
 Veronica Marusso *Veronica Marusso*  
 Loretta Lattanzi *Loretta Lattanzi*  
 Paolo Tomassetti *Paolo Tomassetti*

Data di emissione: 23/11/2020 \_\_\_\_\_

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti  
*Paolo Tomassetti*



|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos</b> |                                 |
| <b>ISPRA</b>   | Rapporto di analisi n. 111-2020 |

|                       |                             |                            |                                |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Daniilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                                |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                 |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                                |

|  |
|--|
| Codice campione in accettazione Area BIO: 557/2019 |
| Codice stazione e n° replica: OL17_JII_R           |

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crostacei      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Daniilo Vani *Daniilo Vani*  
 Monica Targusi *Monica Targusi*  
 Veronica Marusso *Veronica Marusso*  
 Loretta Lattanzi *Loretta Lattanzi*  
 Paolo Tomassetti *Paolo Tomassetti*

Data di emissione: 23/11/2020

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti  
*Paolo Tomassetti*



|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos</b> |                                 |
| <b>ISPRA</b>   | Rapporto di analisi n. 112-2020 |

|                       |                             |                            |                                |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Daniilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                                |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                 |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                                |

Codice campione in accettazione Area BIO: 549/2019  
Codice stazione e n° replica: OL26\_I\_R

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crostacei      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Daniilo Vani *Daniilo Vani*  
 Monica Targusi *Monica Targusi*  
 Veronica Marusso *Veronica Marusso*  
 Loretta Lattanzi *Loretta Lattanzi*  
 Paolo Tomassetti *Paolo Tomassetti*

Data di emissione: 23/11/2020

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti  
*Paolo Tomassetti*



|              |  |
|--------------|--|
|              | <b>Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos</b> |
| <b>ISPRA</b> | Rapporto di analisi n. 113-2020                                |

|                       |                             |                            |                                |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Daniilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                                |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                 |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                                |

Codice campione in accettazione Area BIO: 550/2019

Codice stazione e n° replica: OL26\_II\_R

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crostacei      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Daniilo Vani

Monica Targusi

Veronica Marusso

Loretta Lattanzi

Paolo Tomassetti

Data di emissione: 23/11/2020

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti



|              |  |
|--------------|--|
|              | <b>Rapporto di analisi - Area BIO-LEB Ecologia dei Benthos</b> |
| <b>ISPRA</b> | Rapporto di analisi n. 114-2020                                |

|                       |                             |                            |                                |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Codice Attività       | A10/2019                    | Responsabile Attività:     | Daniilo Vani, Veronica Marusso |
| Descrizione campione: | Comunità macrozoobentoniche |                            |                                |
| Data Campionamento:   | 28/08/19                    | Modalità di campionamento: | Benna Van Veen                 |
| Data di fine analisi: | 10/11/20                    |                            |                                |

|  |
|--|
| Codice campione in accettazione Area BIO: 551/2019 |
| Codice stazione e n° replica: OL26_III_R           |

| Lista dei Taxa | Rif. Foglio elettronico e/o cartaceo | NOTE |
|----------------|--------------------------------------|------|
| Molluschi      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Policheti      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Crostacei      | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |
| Echinodermi    | Olbia_benthos_agosto_2019            |      |

Analisi effettuate da (Firma Operatore):

Daniilo Vani

Monica Targusi

Veronica Marusso

Loretta Lattanzi

Paolo Tomassetti

Data di emissione: 23/11/2020

Responsabile Area Biologia Paolo Tomassetti