

# AUTORITA' PORTUALE LIVORNO

---

**Variante al P.R.P. per la realizzazione dell'approdo turistico nell'ambito del Porto Mediceo e Darsena Nuova**

**Caratterizzazione aggiornata dei sedimenti marini ed analisi qualitativa delle acque**



## RELAZIONE TECNICA



**Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata**

**Livorno, Marzo 2008**

## Premessa

Il presente studio è rivolto alla caratterizzazione fisica, chimica, microbiologica ed ecotossicologica dei sedimenti del Porto Mediceo e della Darsena Nuova del Porto di Livorno nonché all'analisi qualitativa delle acque della stessa area marina portuale. La presente caratterizzazione ambientale si inserisce nell'ambito del progetto delle opere infrastrutturali funzionali alla realizzazione dell'approdo turistico all'interno del porto commerciale come da variante al PRP.

Le indagini sui sedimenti sono state effettuate sulla base delle indicazioni previste nell'allegato B/1 del D.M. 24 gennaio 1996 del Ministero dell'Ambiente opportunamente modificate alla luce di quanto riportato nel documento ICRAM-APAT-MATTM "*Manuale per la movimentazione di sedimenti marini*" (Agosto, 2006) e nel documento "*Disposizioni Procedimentali*" della Provincia di Livorno (Settembre, 2005).

## Capitolo 1 - Campionamento

### 1.1 - Generalità

L'area oggetto dell'indagine è riportata nella Foto 1.1. In tale area sono state effettuati dei carotaggi per la valutazione della qualità del sedimento, dei prelievi mediante bottiglia Niskin delle acque del bacino portuale e dei rilievi mediante sonda multiparametrica delle principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

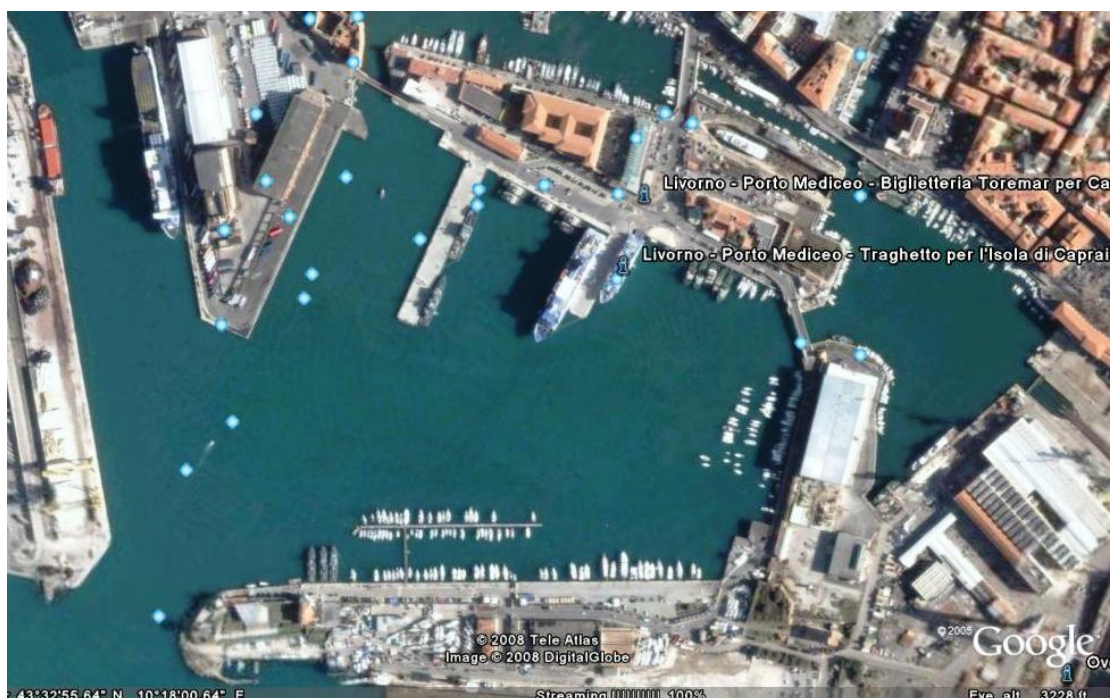


Foto 1.1 – Area d'indagine

Il criterio mediante il quale sono state allocate le stazioni per il campionamento dei sedimenti è stato quello di eseguire i carotaggi nelle zone dove verranno realizzate le nuove opere che consistono nella ristrutturazione ed ampliamento di banchine già esistenti e nella realizzazione di nuovi sporgenti. Nonostante che queste operazioni non comportino una movimentazione di sedimento, è stato ritenuto opportuno caratterizzare uno spessore di sedimento di due metri.

### 1.2 - Campionamento acqua e sonda multiparametrica

Per le analisi delle acque sono state individuate 5 stazioni di prelievo di cui 4 interne all'area oggetto dell'indagine ed una leggermente esterna ad essa da considerarsi come controllo (Fig. 1).

In ciascuna stazione è stato prelevato un campione d'acqua con una bottiglia Niskin (Foto 1.2), per un totale di 6 campioni, sui quali sono stati determinati i seguenti parametri: nutrienti, solidi sospesi, coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, salmonella e spore di clostridi solfito riduttori. Nella tabella riportata di seguito sono riportate le coordinate delle stazioni e la loro sigla.

#### Coordinate delle stazioni di campionamento dei campioni acquosi

Stazione	Latitudine	Longitudine
A1	4 822 831	604 719
A2	4 822 633	604 918
A3	4 822 519	605 031
A4	4 822 406	605 144
A5	4 822 293	605 257



Foto 1.2 - Campionamento acqua con la bottiglia Niskin

In figura 1 sono riportate anche le stazioni sulle quali è stato effettuato il rilievo mediante la sonda multiparametrica; cinque stazioni sono state posizionate in prossimità delle zone dove verranno realizzate le nuove opere previste dal Piano Regolatore Portuale ed una leggermente fuori dello specchio acque del Porto Mediceo, da considerarsi di controllo. I principali parametri chimico-fisici delle acque rilevati mediante la sonda multiparametrica sono stati: torbidità, potenziale redox, ossigeno disciolto, salinità. Nella tabella riportata di seguito sono riportate le coordinate delle stazioni e la loro sigla.



**Coordinate delle stazioni indagate mediante la sonda multiparametrica**

Stazione	Latitudine	Longitudine
S1	4 822 832	604 758
S2	4 822 542	604 826
S3	4 822 531	605 020
S4	4 822 456	605 189
S5	4 822 331	605 075
S6	4 822 364	605 291

E' stata impiegata una sonda multiparametrica Hydrolab modello Datasonde 4 a (foto 1.3), dotata di sensori specifici per la determinazione dei seguenti parametri:

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Profondità       | 5. pH                 |
| 2. Torbidità        | 6. Salinità           |
| 3. Temperatura      | 7. Conducibilità      |
| 4. Potenziale redox | 8. Ossigeno disciolto |

La sonda esegue la lettura contemporanea di tutti i sensori e provvede alla compensazione automatica delle misure effettuate; i dati rilevati vengono quindi inviati ad un terminale di superficie (personal computer).



*Foto 1.3 - Sonda multiparametrica*

Di seguito sono elencate le principali caratteristiche dei sensori impiegati:

### TEMPERATURA

Tipo: Termistore  
 Risoluzione: 0,01 °C  
 Accuratezza: ± 0,10 °C

### PROFONDITA'

Tipo: Piezoresistivo  
 Risoluzione: 0,1 m  
 Accuratezza: ± 0,3 m

### CONDUCIBILITA'

Tipo: Cella a quattro elettrodi contrapposti in grafite, idonea per acque dolci e per acque salmastre e marine.  
 Risoluzione: 10 µS/cm nel range 0.....15.000 µS/cm  
 0,1 mS/cm nel range 15.....100 mS/cm  
 Accuratezza: ± 2 µS/cm nel range 0...100 µS/cm.

### SALINITA'

Tipo: Valore calcolato  
 Risoluzione: 0,1 ppt  
 Accuratezza: ± 0,2 ppt

### OSSIGENO DISCIOLTO

Tipo: Sensore polarografico (cella di Clark) con membrana sostituibile  
 Range: 0-50 mg/l. La misura è disponibile anche in % di saturazione (0-500 % sat)  
 Risoluzione: 0,01 mg/l  
 Accuratezza: ± 0,2 mg/l nel range 0...20 mg/l --- ± 0,6 mg/l nel range 20...50 mg/l

### pH

Tipo: Elettrodo cilindrico a membrana di vetro con elettrodo di riferimento separato ricostituibile  
 Risoluzione: 0,01  
 Accuratezza: ± 0,2

### POTENZIALE REDOX

Risoluzione: 1 mVolt  
 Accuratezza: ± 20 m Volt

### TORBIDITA' DI TIPO AUTOPULENTE

Tipo: Sensore nefelometrico. Standard ISO 7027  
 Risoluzione: 0,1 NTU range 0....400 NTU  
 1 NTU range 400...3000 NTU  
 Accuratezza: ± 1% fino a 100 NTU  
 ± 3% da 100 NTU fino a 400 NTU  
 ± 5% da 400 NTU fino a 3000 NTU

### 1.3 - Campionamento sedimenti

In tabella 1.1 vengono riportate le coordinate geografiche delle stazioni di campionamento, la lunghezza della carota ed il livello dei campioni prelevati. In ciascuna carota è stato effettuato il prelievo di aliquote di 50 cm di sedimento lungo tutto lo spessore ad eccezione della carota M1 la cui lunghezza essendo 130 cm ha comportato il prelievo del livello 100-130.

Tabella 1.1 - Coordinate geografiche delle stazioni di campionamento e sezioni prelevate

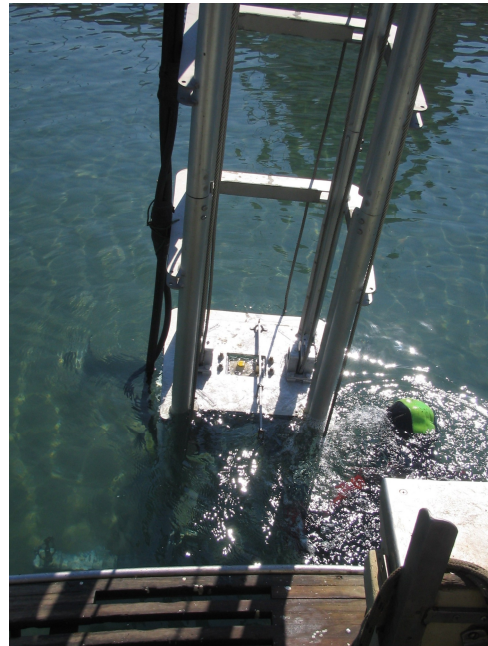
Stazione	Latitudine	Longitudine	Lunghezza carota (cm)	Livello prelevato (cm)
M1	4822705.0505	604679.1255	130	0-50 50-100 100-130
M2	4822549.6832	604833.2674	200	0-50 50-100 100-150 150-200
M3	4822546.8325	604975.9915	200	0-50 50-100 100-150 150-200
M4	4822555.3848	605055.9169	200	0-50 50-100 100-150 150-200
M5	4822485.5408	605192.9320	200	0-50 50-100 100-150 150-200
M6	4822428.5253	605201.4954	200	0-50 50-100 100-150 150-200
M7	4822340.1513	605132.9879	200	0-50 50-100 100-150 150-200
M8	4822308.7927	605034.5083	200	0-50 50-100 100-150 150-200
M9	4822395.7414	605289.9843	200	0-50 50-100 100-150 150-200
M10	4822224.6949	605108.7248	200	0-50 50-100 100-150 150-200

L'esecuzione del carotaggio è stato effettuato dalla ditta Polaris di Livorno mediante un carotiere subacqueo a vibropercussione denominato "*Self-sheating Hydraulic Sampling Bottom Device*" specifico per carotaggi subacquei, in grado di minimizzare i disturbi e le contaminazioni del sedimento.

Il sistema si compone di una struttura fissa composta da una piattaforma orizzontale di appoggio e da 4 assi verticali posti a guida della parte mobile. Mediante un vibromartello la struttura mobile, in scorrimento sulle 4 aste, fa penetrare la sonda nel fondo marino per il prelievo del sedimento. L'estrazione della sonda avviene mediante pistoni o un argano a funzionamento oleodinamico.

Il sedimento viene trattenuto all'interno della sonda da una calza in materiale elastico che ne semplifica la raccolta annullando gli attriti con le parti interne della sonda stessa. Questo dispositivo di campionamento permette il recupero di una carota di sedimento pressochè indisturbata ed un immediato prelievo del sedimento stesso mediante l'incisione della calza elastica con un trincetto.

Nelle fotografie riportate di seguito (foto 1.2), si osserva il carotiere durante una fase di campionamento.



*Foto 1.2 – Operazioni di campionamento con il carotiere.*

Il sedimento contenuto all'interno della calza elastica è stato estruso dal carotiere e raccolto in casse catalogatrici. Da qui le varie aliquote di sedimento sono state trasferite all'interno di bacinelle di vetro ed opportunamente omogeneizzate.

#### 1.4 - Tipologia delle analisi eseguite sui sedimenti

Sulla totalità dei campioni di sedimento da analizzare sono stati determinati i seguenti parametri:

- **Granulometria**
- **Peso specifico**
- **Umidità**
- **Sostanza Organica**
- **Idrocarburi totali (C<12 e C>12)**
- **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA):** Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1,2,3-cd)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene,



- **Policlorobifenili (PCB):** 28, 52, 77, 81, 95, 99, 101, 105, 110, 114, 118, 123, 126, 128, 138, 146, 149, 151, 153, 156, 157, 167, 169, 170, 177, 180, 183, 187, 189.
- **Pesticidi organoclorurati:** Aldrin, Dieldrin,  $\alpha$ -esaclorocicloesano,  $\beta$ -esaclorocicloesano,  $\gamma$ -esaclorocicloesano, DDT, DDD, DDE, Esaclorobenzene, Eptacloro, Metossicloro, Eldrin, Clordano, Cis-clordano, Trans-clordano, Ossiclordano, Trans-nonacloro, Cis-nonacloro, Mirex.
- **Stagno tributile (TBT)**
- **Metalli:** (Alluminio, Arsenico, Cadmio, Cromo, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco).
- **Azoto totale (N)**
- **Fosforo totale (P)**
- **Analisi microbiologiche:** coliformi totali, streptococchi fecali, spore di clostridi solfitoriduttori, salmonelle, lieviti e muffe)
- **Analisi ecotossicologiche:** *Vibrio fischeri*; *Paracentrotus lividus*, *Corophium orientale*

---

## Capitolo 2 – Metodiche analitiche

---

### 2.1 - Granulometria

Per l'analisi granulometrica dei campioni sono state prese in considerazione le tre principali frazioni: ghiaia, sabbia e frazione < 63  $\mu\text{m}$ . La frazione granulometrica più fine è stata comunque conservata per eventuali approfondimenti analitici successivi.

L'analisi granulometrica è stata suddivisa in tre fasi:

1. *Preparazione e pretrattamento del campione.* Circa 70 g di ciascun campione sono stati trattati per 48 ore con una soluzione di perossido di idrogeno e acqua distillata (2:8) a temperatura ambiente, al fine di facilitare la disgregazione del sedimento.
2. *Separazione della frazione sabbiosa da quella pelitica.* Ciascun campione è stato setacciato ad umido su rete d'acciaio da 63  $\mu\text{m}$ . La fase acquosa contenente la frazione < 63  $\mu\text{m}$  è stata lasciata decantare per 48 h ed in seguito raccolta sul filtro di carta. Le due frazioni ottenute sono state essiccate in stufa a 60  $^{\circ}\text{C}$ .
3. *Analisi delle frazioni.* La frazione > 63  $\mu\text{m}$  (sabbia e ghiaia) è stata separata con una serie di setacci da -1 a 4 phi, con un intervallo di 0,5 phi (phi =  $-\log_2$  del diametro in mm) della serie ASTM. Le frazioni del sedimento corrispondenti a ciascun intervallo sono state pesate e al termine è stata calcolata la percentuale dell'intera frazione.

### 2.2 - Analisi chimiche

#### Sostanza organica

Un'aliquota di campione è stata seccata in stufa a 35  $^{\circ}\text{C}$  fino a peso costante, è stata quindi accuratamente polverizzata ed omogeneizzata in mortaio. Ne sono state prelevate 3 aliquote di 5 g ciascuna e poste in muffola a 375  $^{\circ}\text{C}$  per 12 h; sono state quindi pesate e per differenza è stata calcolata la percentuale di sostanza organica.

#### Azoto totale

Metodo titrimetrico – Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo – D.M. 13/09/1999 ).

Preventivo attacco con acido solforico e perossido di idrogeno a caldo a trasformare l'azoto organico in azoto ammoniacale, distillazione in ambiente alcalino, assorbimento del distillato in una

soluzione a titolo noto di acido solforico, titolazione dell'acido solforico non reagito con una soluzione di idrato di sodio a titolo noto

Recupero = 90 %

Limite di quantificazione = 5,0 mg/Kg

Incertezza = 0,20

### **Fosforo totale**

Metodo Spettrofotometrico VIS – Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo – D.M. 13/09/1999.

Preventivo attacco con acido solforico e perossido di idrogeno a caldo, riduzione del complesso fosfomolibdico (formato per reazione dell'orto fosfato solubile con il reattivo molibdico) e determinazione per spettrofotometria VIS del complesso ridotto (colorazione bleu) a 640 nm.

Recupero = 90 %

Limite di quantificazione = 5,0 mg/kg

Incertezza = 0,20 mg/kg

### **Policlorobifenili (PCB)**

Metodo di riferimento: CNR IRSA Q 64 Vol.3 met. 24b/1988

La determinazione gascromatografica dei PCB nei fanghi marini avviene secondo i seguenti punti:

- \_ estrazione (ultrasuoni più agitazione meccanica) con specifico solvente del materiale opportunamente miscelato con solfato di sodio anidro
- \_ purificazione estratto organico su florisil
- \_ trattamento con mercurio metallico per eliminare lo zolfo eventualmente presente
- \_ determinazione per gascromatografia su colonna doppia capillare e rivelatore doppio ECD.
- \_ conferma (se necessario) in GC/MS

Recupero circa 90%

Limite di quantificazione: 0,1 µg/Kg ss

Incertezza estesa: 50%

### **Pesticidi Organoclorurati**

Metodo di riferimento: CNR IRSA Q 64 Vol.3 Met. 22/1988

La determinazione gascromatografica dei Pesticidi Organoclorurati nei fanghi marini avviene secondo i seguenti punti:

- \_ estrazione tramite ultrasuoni con specifici solventi
- \_ purificazione estratto organico con Gel Permeation Chromatography
- \_ determinazione per gascromatografia su colonna doppia capillare e rivelatore doppio ECD.

Recupero circa 80%

Limite di quantificazione: 0,1 µg/Kg ss

Incertezza estesa: 50%

**Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)**

Metodo di riferimento: EPA 8270C Rev. 3 December 1996

La determinazione cromatografica degli IPA nei fanghi marini avviene secondo i seguenti punti:

- \_ estrazione (ultrasuoni più agitazione meccanica) con specifico solvente del materiale opportunamente miscelato con solfato di sodio anidro
- \_ concentrazione estratto a rotavapor e ripresa con opportuno solvente
- \_ determinazione GC in colonna capillare e rivelatore Spettrometro di Massa

Recupero circa 90%

Limite di quantificazione: 2.5 µg/kg ss

Incertezza estesa: 39%

**Idrocarburi C >12**

Metodo UNI EN 14039

- \_ estrazione con solventi (miscela eptano-acetone).
- \_ determinazione tramite gascromatografia con rivelatore FID.

Limite di quantificazione: 0,5 mg/kg ss

Incertezza estesa: 18%

**Idrocarburi C <12**

Metodo EPA 8015C

- \_ estrazione termica con tecnica in spazio di testa.
- \_ determinazione tramite gascromatografia con rivelatore FID.

Limite di quantificazione: 0,5 mg/kg ss

Incertezza estesa: 18%

**TBT**

Metodo ufficiale pubblicato su: Metodologie Analitiche di Riferimento del Programma per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM, © ICRAM, Roma 2001.

Limite di quantificazione : 0,003 µg/g ss

Incertezza estesa: 5%

**Elementi in traccia**

Per la determinazione di Cr, Ni, Cu, V, Zn, As, Cd, Pb e Sn, la mineralizzazione dei campioni è stata eseguita secondo il metodo EPA 3051A, con acido nitrico e cloridrico in sistema chiuso a microonde su 0,300 g di campione essiccato in stufa a 40 °C fino a peso costante. Le analisi sono state condotte come segue:



- Al, Cr, Ni, Cu, V, Zn mediante ICP-AES. Riferimento: metodo EPA 6010C
- As, Cd e Pb mediante GF-AAS. Riferimento: metodo EPA 7010;
- Hg è stato determinato mediante AAS con analizzatore di mercurio Milestone DMA-80 Direct Mercury Analyzer direttamente sul campione, senza mineralizzazione, secondo il metodo EPA 7473.

### **Alluminio**

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment (valore certificato di Al: 19000 mg/Kg).

**Recupero:** 108,22%

**Limite di quantificazione:** 14,407 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 15,1 %

### **Arsenico**

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment (valore certificato di As: 12,4 mg/Kg).

**Recupero:** 89,78 %

**Limite di quantificazione:** 0,066 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,24 %

### **Cadmio**

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment (valore certificato di Cd: 0,5 mg/Kg).

**Recupero:** 93,00%

**Limite di quantificazione:** 0,152 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,23 %

### **Cromo**

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment (valore certificato di Cr: 47 mg/Kg).

**Recupero:** 91,70%

**Limite di quantificazione:** 0,873 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,25 %

### **Mercurio**

**Materiale Certificato:** MESS-3, National Research Council Canada, marine sediment (valore certificato di Hg: 0,091 mg/Kg).

**Recupero:** 102,64%

**Limite di quantificazione:** 0,004 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,014 %

### Nichel

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment  
(valore certificato di Ni: 31,5 mg/Kg).

**Recupero:** 86,00%

**Limite di quantificazione:** 1,999 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,26 %

### Piombo

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment  
(valore certificato di Pb: 73 mg/Kg).

**Recupero:** 99,00%

**Limite di quantificazione:** 0,133 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,10 %

### Rame

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment  
(valore certificato di Cu: 31,6 mg/Kg).

**Recupero:** 101,60%

**Limite di quantificazione:** 2,474 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,23 %

### Vanadio

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment  
(valore certificato di V: 47 mg/Kg).

**Recupero:** 94,98%

**Limite di quantificazione:** 0,941 mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,23 %

### Zinco

**Materiale Certificato:** LGC 6137, Laboratory of the Government Chemist U.K., estuarine sediment  
(valore certificato di Zn: 231 mg/Kg).

**Recupero:** 92,00%

**Limite di quantificazione:** 1,799mg/Kg ss

**Incertezza di misura:** 0,15 %

## 2.3 - Analisi microbiologiche sui sedimenti

### COLIFORMI FECALI

Metodo: Metodi analitici per i fanghi - IRSA quaderno 64 (1983).

Terreno: lactose broth

Incubazione: 35-37°C per 46-50 ore

Conferma.

Terreno: EC Broth

Incubazione: 43,5-44,5°C per 22-26 ore

Limite di quantificazione: 3 MPN/g

### STREPTOCOCCHI FECALI

**Metodo:** Metodi analitici per i fanghi - IRSA quaderno 64 (1983)

terreno: etil violetto

incubazione: 35-37°C per 46-50 ore

conferma:

terreno: aesculin broth

incubazione: 43,5-44,5°C per 22-26 ore

terreno: tryptic soya broth al 6,5% NaCl

incubazione: 35-37°C per 22-26 ore

**Limite di quantificazione:** 3 MPN/g

### SPORE DI CLOSTRIDI SOLFITO RIDUTTORI

Metodo: *“Metodologie analitiche di riferimento”* (ICRAM – Ministero Ambiente, 2001) Sedimenti  
scheda 6 – Analisi di spore di clostridi solfito-riduttori.

Pastorizzazione del campione.

Terreno: Perfringens Agar Base con cicloserina senza rosso d'uovo (TSC)

Incubazione: (giara, anaerobiosi) 18 - 24 ore a 35 - 37 °C

Conferma.

Terreno: Reinforced Clostridial Medium (terreno liquido)

Incubazione: anaerobiosi 18 - 24 ore a 35 - 37 °C

Terreno: Tryptic Soy Agar aerobiosi

Incubazione: 18 - 24 ore a 35 - 37 °C

Terreno: Tryptic Soy Agar anaerobiosi

**SALMONELLA**

Metodo: Metodi analitici per i fanghi - IRSA quaderno 64 (1983)

Terreno: Buffered Peptone Water (prearricchimento)

Incubazione: 16 - 20 ore a 35 - 37 °C

Terreno: Rappaport Vassiliadis Soya (arricchimento selettivo)

Incubazione: 16 - 20 ore a 41 - 42 °C

Terreno: SS

Incubazione: 22 - 26 ore a 35 - 37 °C

Identificazione.

Terreno: F.A. (Fenilalanina)

Incubazione: 18 - 24 ore a 35 - 37 °C

Terreno: Kliger

Incubazione: 18 - 24 ore a 35 - 37 °C

Prova di fermentazione urea

Incubazione: 18 - 24 ore a 35 - 37 °C

Tipizzazione sierologica

Identificazione biochimica

**2.4 - Analisi microbiologiche sulle acque****BATTERI COLIFORMI**

Codice interno al laboratorio: ISO 9308-1

- terreno: agar al lattosio TTC (T7)
- incubazione: 18 ore - 48 ore a 36°C ± 2°C
- conferma:
- produzione di ossidasi

**ESCHERICHIA COLI**

Codice interno al laboratorio: ISO 9308-1

- terreno: agar al lattosio TTC (T7)
- incubazione: 18 ore - 48 ore a 36°C ± 2°C
- conferma:
- produzione di ossidasi
- produzione dell'indolo

**SPORE DI CLOSTRIDI SOLFITO-RIDUTTORI**

Codice interno al laboratorio: 004 MPP M017

- pastorizzazione
- filtrazione:
- terreno: Perfringens Agar Base con cicloserina senza rosso d'uovo (TSC)
- incubazione: (giara, anaerobiosi) 21 ore ± 3 ore a 36°C ± 1°C
- conferma:



- terreno: Reinforced Clostridial Medium (terreno liquido)
- incubazione: anaerobiosi 21 ore  $\pm$  3 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- terreno: Tryptic Soy Agar aerobiosi
- incubazione: 21 ore  $\pm$  3 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- terreno: Tryptic Soy Agar anaerobiosi
- incubazione: 21 ore  $\pm$  3 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- prova catalasi
- esame microscopico (colorazione di Gram)

### **SALMONELLA**

Codice interno al laboratorio: 004 MPP M043

- terreno: Buffered Peptone Water (prearricchimento)
- incubazione: 18 ore  $\pm$  2 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- terreno: Rappaport Vassiliadis Soya (arricchimento selettivo)
- incubazione: 18 ore  $\pm$  2 ore a  $41,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- terreno: SS
- incubazione: 24 ore  $\pm$  2 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- identificazione:
- terreno: F.A (Fenilalanina)
- incubazione: 21 ore  $\pm$  3 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- terreno: Kliger
- incubazione: 21 ore  $\pm$  3 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- prova di fermentazione urea
- incubazione: 21 ore  $\pm$  3 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- tipizzazione sierologica
- identificazione biochimica

### **COLIFORMI FECALI**

Codice interno al laboratorio: 004 MPP M073

- terreno: Membrane Faecal Coliform Agar (FCA)
- incubazione: 24 ore  $\pm$  2 ore a  $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- conferma:
- terreno: E.C.Broth (ECB)
- incubazione: 24 ore  $\pm$  2 ore a  $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

### **LIEVITI E MUFFE**

Codice interno al laboratorio: 004 MPP M115

- terreno: Oxytetraciline Glucose Yeast Extract Agar con Cloramfenicolo (OGYE-CAF)
- incubazione: 92 ore - 100 ore a  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

### **ENTEROCOCCHI INTESTINALI**

Codice interno al laboratorio: ISO 7899-2 (metodo accreditato SINAL)

- terreno: Slanetz and Bartley medium (SBM)
- incubazione: 44 ore  $\pm$  4 ore a  $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- conferma:
- terreno: bile esculina azide agar (ESC A)
- incubazione: 2 ore a  $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

## 2.5 - Analisi ecotossicologiche

### - Saggio biologico a breve termine con *Corophium orientale*

Il principio del saggio biologico, consiste nell'esposizione di un numero definito di organismi per dieci giorni al sedimento tal quale con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

#### *Campionamento degli organismi*

Gli anfipodi sono stati campionati setacciando il loro sedimento nativo (con setaccio a maglia di 0,5 mm) per selezionare organismi di ~4 mm idonei per il test, scartando gli individui maturi e le forme giovanili. Gli anfipodi selezionati sono stati portati in laboratorio ed acclimatati alle seguenti condizioni :

- Temperatura dell'acqua :  $16 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Salinità :  $36 \pm 2 \text{‰}$
- Illuminazione : continua
- $\text{O}_2$  disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento :  $> 60 \%$ .

#### *Procedimento del saggio*

Il saggio è stato allestito secondo il protocollo: Il test è stato condotto secondo la metodica ISO 16712:2005 "Water quality – Determination of acute toxicity of marine or estuarine sediment to amphipods". Circa 200 cc di sedimento da testare sono stati introdotti in un beaker da litro dove sono stati aggiunti circa 750 cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche e in ciascun beaker sono stati inseriti 25 individui.

Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente dal sito di campionamento degli anfipodi. Dopo 10 giorni il contenuto di ogni becher è stato setacciato e sono stati contati gli organismi vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una leggera stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti.

La sensibilità degli organismi (LC 50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 ore a concentrazioni 0,8; 1,6; 3,2; e 6,4 mg/l del tossico di riferimento  $\text{CdCl}_2$ .

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità,  $\text{NH}_4^+$  e ossigeno disciolto.

### *Elaborazioni dei dati*

Il saggio biologico è considerato valido, quando la mortalità media all'interno del sedimento di controllo è  $\leq 15\%$  e quando la mortalità nella singola replica per l'intero periodo di esposizione è  $\leq 20\%$ . Sia nei sedimenti da testare sia nel sedimento di controllo, è stata calcolata la percentuale media ( $\pm$  la deviazione standard) degli anfipodi morti. La mortalità rilevata in ogni campione è stata confrontata con quella del sedimento di controllo. La valutazione della tossicità è stata eseguita prendendo in considerazione la mortalità degli organismi osservata nei campioni da saggiare corretta con la formula di Abbott (M).

### **- Saggio biologico con *Paracentrotus lividus***

Il saggio biologico di fecondazione (di spermiotossicità o di tossicità acuta) è basato sulla capacità dei gameti maschili, esposti alla matrice da testare (elutriato), di fecondare le uova. L'assenza di fecondazione, indica una possibile tossicità acuta della matrice testata.

**Preparazione dell'elutriato** - Gli elutriati sono stati preparati dai sedimenti freschi secondo il protocollo: Evaluation of Dredged Material Proposed for Discharge in Waters of the U.S. -Testing Manual EPA 823-B-98-004. February 1998.

Un'aliquota del sedimento da testare è stata unita con il volume calcolato dell'acqua di mare naturale filtrata in rapporto 1: 4. Le sospensioni ottenute sono state poste in agitazione per 1 ora e in seguito centrifugate a temperatura di 12°C per 2 0' a 3000 rpm. Il soprannatante, che rappresenta l'elutriato, è stato prelevato con cautela e conservato a temperatura di -25 °C. Prima dell'allestimento del test sono stati registrati seguenti parametri dell'elutriato: pH e salinità.

**Procedimento del test di fecondazione** - Il test è stato allestito in tre repliche, secondo il protocollo: Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to West Coast Marine and Estuarine Organisms. , EPA/600/R-95/136. August, 1995.

L'emissione dei gameti maschili e femminili è stata provocata mediante l'iniezione di 0,5 ml di KCL 1M nella cavità celomatica degli organismi. Lo sperma (minimo da tre maschi) è stato raccolto "a secco" e conservato a 4°C. Le uova (minimo da tre femmine) sono state raccolte ad umido singolarmente per ogni femmina. Dopo la loro valutazione di maturità, sono state unite, diluite in acqua di mare naturale filtrata alla concentrazione richiesta per il test e conservate a 16°C. La quantità degli spermatozoi è stata determinata in camera di conta (Thoma). Sulla base del conteggio è stata preparata la sospensione dello sperma stimando il rapporto predefinito (1/15000) tra uovo e spermatozoi che garantisce la percentuale di fecondazione nei limiti del 75-95%. Lo sperma è stato esposto per un'ora alle concentrazioni previste degli elutriati (100%, 50% e 25%) ed all'acqua di mare naturale filtrata (controllo negativo). Le uova sono state inoculate dopo un'ora

e lasciate in contatto con lo sperma per venti minuti. Il test è stato bloccato mediante l'aggiunta di 1 ml di formaldeide (37%). La sensibilità (EC50) dei gameti maschili è stata determinata mediante la loro esposizione (60 min.) alle diluizioni (16, 32, 46, 64 µg/l) del tossico di riferimento  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Le provette, contenenti gli zigoti sono state conservate a temperatura di 5°C fino alla loro valutazione. Al microscopio sono state contate cento cellule e calcolata la percentuale degli zigoti in ogni campione.

**Stima della tossicità** - Al fine di considerare, la percentuale delle uova non fecondate nel controllo è stata applicata la seguente formula (correzione di "Abbott"):

$$(x - y) \cdot 100 \cdot (100 - y)^{-1}$$

x = % delle uova non fecondate nel campione da testare.

y = % delle uova non fecondate nel controllo.

La tossicità degli elutriati è stata stimata sulla base dei valori dell'EC20 ed EC50 calcolate con i metodi: Maximum Likelihood Probit oppure Trimmed Spearman-Kärber versione 1,5.

### - Saggio biologico con *Vibrio fischeri*

*Vibrio fischeri* è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle *Vibrionaceae*. 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 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 acuta della sostanza o della matrice testata.

I saggi biologici sono stati applicati all'elutriato che è stato preparato miscelando aliquote di sedimento ed acqua di mare artificiale EPA in rapporto 4:1 (volume/peso secco), lasciando le miscele in agitazione per un'ora a temperatura ambiente e centrifugando per 20' a 3500 rpm. Il sovranatante, dopo filtrazione a 0,45 µm è stato utilizzato per l'esecuzione del saggio biologico.

E' stato adottato il protocollo "Basic" (Azur Environmental, 1995), a partire da una concentrazione del 90% del campione di elutriato, con la sostituzione dei diluenti standard (NaCl al 3,5%) con acqua marina sintetica (formula EPA), preparata a  $35 \pm 2$  PSU. Tale modifica al protocollo originale è stata apportata poiché l'acqua di mare sintetica fornisce un ambiente osmotico e fisiologico più idoneo all'attività metabolica dei batteri rispetto al diluente standard e consente di ottenere, pertanto, risultati più verosimili nello studio di ambienti marino-salmastri.

La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16), che consente di individuare l'EC50 (e/o l'EC20), cioè la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% (20%).

#### - Criterio per la valutazione dei risultati dei saggi biologici

La stima della tossicità dei saggi biologici impiegati è stata valutata secondo quanto riportato nella tabella seguente che riprende i criteri riportati nel manuale suddetto dove per ciascun saggio vengono individuate 4 classi o "colonne" (A, B, C, D).

<i>C. orientale</i>	<i>P. lividus</i>	<i>V. fischeri</i>	Colonna	Tossicità
$M \leq 15\%$	$EC20 \geq 90\%$	$EC20 \geq 90\%$	A	Assente
$15\% < M \leq 30\%$	$EC20 < 90\%$ e $EC50 > 100\%$	$EC20 < 90\%$ e $EC50 \geq 90\%$	B	Bassa
$30\% < M \leq 60\%$	$40\% \leq EC50 < 100\%$	$20\% \leq EC50 \leq 90\%$	C	Media
$M > 60\%$	$EC50 < 40\%$	$EC50 < 20\%$	D	Alta

## Capitolo 3 - Risultati delle analisi chimiche sull'acqua

Si riportano di seguito i risultati delle analisi effettuate sui campioni di acqua di mare:

Tab. 4.1 – Azoto, Fosforo e materiali in sospensione nei campioni acquosi

CAMPIONE	N (mg/l)	P (mg/l)	Materiali in sospensione totali (mg/l)
A1	5,88	N.D.	93,0
A2	5,04	N.D.	101,0
A3	7,28	N.D.	81,0
A4	6,58	N.D.	89,0
A5	7,14	N.D.	83,0

Tab. 4.2 – Parametri microbiologici nei campioni acquosi

CAMPIONE	COLIF. TOTALI (UFC/100 ml)	COLIF. FECALI (UFC/100 ml)	STREPT. FECALI (UFC/100 ml)	SPORE CLOSTRIDI (UFC/100 ml)
A1	17	11	27	19
A2	37	28	56	29
A3	44	36	43	27
A4	87	85	58	36
A5	58	57	27	28

Tab. 4.3 – Salmonella, lieviti e muffe nei campioni acquosi

CAMPIONE	SALMONELLA ssp (presenza-assenza)	LIEVITI (UFC/100 ml)	MUFFE (UFC/100 ml)
A1	Assente	2	2
A2	Assente	2	3
A3	Assente	3	8
A4	Assente	17	8
A5	Assente	2	5

## Capitolo 4 - Risultati dei rilievi con la sonda multiparametrica

Si riportano di seguito i dati relativi al rilievo effettuato mediante la sonda multiparametrica:

### Stazione S1

Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Dep100 [meters]	Turbidity [NTU]
13,68	8,43	303	43,0	36,28	74,2	6,47	0,2	4
13,60	8,46	303	43,0	36,34	75,6	6,60	0,5	4
13,63	8,45	302	43,0	36,32	76,4	6,67	0,8	4
13,58	8,46	302	43,1	36,45	77,2	6,74	1,1	4
13,53	8,47	302	43,1	36,52	77,9	6,81	1,4	4
13,57	8,47	302	43,0	36,41	78,9	6,89	1,7	4
13,55	8,47	302	43,1	36,49	79,1	6,91	2,1	4
13,49	8,48	302	43,1	36,57	79,6	6,97	2,4	4
13,47	8,48	302	43,1	36,61	80,0	7,01	2,7	5
13,44	8,48	302	43,1	36,65	80,2	7,03	2,8	5
13,38	8,50	302	43,2	36,81	80,7	7,08	3,2	5
13,37	8,50	302	43,3	36,88	81,1	7,11	3,5	5
13,36	8,51	302	43,3	36,91	81,6	7,15	3,8	5
13,35	8,51	302	43,3	36,93	82,5	7,23	4,0	5
13,35	8,52	302	43,4	37,00	83,0	7,28	4,3	5
13,34	8,52	303	43,5	37,10	83,5	7,32	4,7	5
13,33	8,53	303	43,5	37,16	83,9	7,35	4,9	5
13,33	8,53	303	43,5	37,15	84,4	7,39	4,8	5
13,32	8,54	303	43,6	37,18	84,6	7,42	5,1	5
13,32	8,53	303	43,6	37,17	84,9	7,44	5,6	5
13,32	8,54	303	43,5	37,17	85,4	7,49	5,9	5
13,32	8,53	303	43,6	37,21	85,6	7,50	6,1	5
13,32	8,54	303	43,6	37,21	86,0	7,53	6,2	4
13,32	8,54	303	43,6	37,23	86,1	7,55	6,7	4
13,33	8,54	304	43,6	37,22	86,6	7,59	7,0	4
13,33	8,54	304	43,7	37,26	86,7	7,59	7,2	4
13,33	8,54	304	43,7	37,27	87,0	7,62	7,4	3
13,33	8,54	304	43,7	37,28	87,3	7,64	7,7	3
13,34	8,54	304	43,7	37,32	87,5	7,66	7,8	4
13,33	8,54	304	43,7	37,29	87,6	7,67	8,1	4
13,34	8,54	304	43,8	37,42	87,6	7,67	8,4	3
13,34	8,55	304	43,9	37,47	87,6	7,67	8,7	3
13,34	8,55	304	43,9	37,44	87,9	7,69	9,1	3
13,33	8,55	304	43,8	37,44	88,0	7,70	9,3	3
13,32	8,55	304	43,8	37,44	88,5	7,75	9,5	3
13,32	8,55	305	43,8	37,42	88,8	7,77	9,8	3
13,32	8,55	305	43,8	37,44	89,0	7,79	10,2	3
13,32	8,55	305	43,8	37,43	89,1	7,80	10,4	2
13,32	8,55	305	43,8	37,44	89,4	7,83	10,5	2
13,32	8,55	305	43,8	37,44	89,7	7,85	10,8	2
13,32	8,55	305	43,8	37,45	89,6	7,84	11,0	2



**Stazione S2**

Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Dep100 [meters]	Turbidity [NTU]
13,66	8,41	309	42,5	35,85	74,0	6,47	0,3	3
13,66	8,43	309	42,6	35,92	74,0	6,47	0,6	3
13,64	8,44	309	42,7	36,04	74,3	6,49	0,8	3
13,63	8,44	308	42,8	36,12	74,6	6,52	0,9	3
13,61	8,45	308	42,9	36,23	74,9	6,55	1,1	3
13,55	8,47	308	43,0	36,38	75,3	6,59	1,4	3
13,51	8,47	308	43,0	36,46	75,7	6,62	1,6	3
13,49	8,48	308	43,1	36,53	76,3	6,68	1,7	3
13,48	8,49	308	43,2	36,65	77,0	6,74	2,0	3
13,46	8,49	308	43,2	36,67	77,6	6,79	2,4	3
13,45	8,49	308	43,2	36,68	77,9	6,82	2,5	3
13,44	8,50	309	43,2	36,73	78,4	6,87	2,8	3
13,42	8,50	309	43,2	36,77	78,9	6,91	2,9	4
13,41	8,50	309	43,3	36,82	79,2	6,94	3,3	4
13,41	8,50	309	43,3	36,83	79,5	6,96	3,4	4
13,41	8,50	309	43,3	36,83	79,5	6,96	3,6	5
13,42	8,50	309	43,3	36,83	79,7	6,98	3,7	10
13,42	8,50	309	43,3	36,86	79,9	6,99	4,0	10
13,42	8,51	309	43,4	36,89	80,0	7,01	4,1	9
13,42	8,51	309	43,4	36,92	80,4	7,04	4,4	9
13,41	8,51	309	43,4	36,96	80,9	7,08	4,4	9
13,41	8,52	309	43,5	36,99	81,2	7,11	4,6	9
13,39	8,52	309	43,5	37,01	81,6	7,14	4,8	9
13,40	8,52	309	43,5	37,02	82,0	7,18	5,0	9

**Stazione S3**

Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Dep100 [meters]	Turbidity [NTU]
14,33	8,34	310	42	34,78	71,8	6,20	0,1	8
14,33	8,34	310	42	34,81	70,9	6,12	0,2	7
14,30	8,36	310	42,4	35,12	69,8	6,02	0,5	7
14,16	8,38	310	42,4	35,27	80,5	6,96	0,8	6
13,90	8,41	310	43	36,10	69,6	6,03	1,0	6
13,69	8,46	309	43,1	36,35	70,8	6,17	1,1	6
13,60	8,48	309	43,1	36,47	72,2	6,30	1,3	6
13,57	8,49	309	43,1	36,51	73,8	6,45	1,4	5
13,54	8,49	309	43,1	36,51	75,2	6,57	1,5	5
13,54	8,49	308	43,1	36,55	76,8	6,71	1,6	5
13,53	8,49	308	43,1	36,55	77,8	6,80	1,8	5
13,51	8,50	308	43,1	36,59	79,2	6,93	2,2	5
13,46	8,50	308	43,2	36,65	79,3	6,94	2,3	5
13,45	8,51	308	43,2	36,71	79,9	7,00	2,3	5
13,43	8,51	308	43,2	36,76	80,3	7,03	2,6	4
13,43	8,51	308	43,2	36,77	80,9	7,08	2,8	4
13,43	8,51	308	43,2	36,76	81,1	7,10	3,0	4
13,43	8,51	308	43,3	36,80	81,3	7,11	3,1	4
13,43	8,51	308	43,3	36,80	81,4	7,12	3,3	4
13,42	8,51	308	43,3	36,83	81,5	7,14	3,5	4
13,42	8,52	308	43,3	36,85	81,7	7,16	3,7	4
13,43	8,52	308	43,3	36,84	81,8	7,16	3,8	5
13,41	8,52	309	43,3	36,81	81,9	7,17	4,0	5
13,38	8,52	309	43,4	36,92	82,3	7,21	4,1	5
13,37	8,53	308	43,4	36,99	82,6	7,24	4,2	5
13,35	8,53	309	43,4	37,03	83,1	7,28	4,3	5
13,33	8,54	309	43,4	37,06	83,4	7,31	4,5	5
13,32	8,54	309	43,5	37,08	84,3	7,39	4,6	5
13,31	8,54	309	43,5	37,11	84,7	7,43	4,8	4
13,31	8,54	309	43,5	37,11	85,2	7,47	5,1	4
13,31	8,54	309	43,5	37,14	85,3	7,48	5,3	4
13,32	8,54	309	43,5	37,17	85,9	7,53	5,3	4
13,31	8,55	309	43,6	37,19	86,1	7,54	5,5	4
13,31	8,55	309	43,6	37,18	86,3	7,57	5,8	4
13,31	8,55	309	43,6	37,19	86,4	7,58	6,0	4
13,30	8,55	309	43,6	37,21	86,8	7,61	6,2	4
13,31	8,55	309	43,6	37,22	87,1	7,63	6,4	4
13,31	8,55	310	43,6	37,23	87,2	7,64	6,7	4
13,31	8,55	310	43,6	37,25	87,4	7,66	6,9	4
13,31	8,55	310	43,6	37,27	87,6	7,67	7,2	3
13,31	8,55	310	43,7	37,28	87,5	7,66	7,4	3
13,32	8,55	310	43,7	37,29	87,6	7,67	7,7	3
13,32	8,55	310	43,7	37,33	87,4	7,65	8,0	3
13,32	8,56	311	43,7	37,35	87,5	7,66	8,2	4
13,33	8,56	311	43,8	37,37	87,6	7,67	8,5	4
13,33	8,56	311	43,8	37,39	87,6	7,67	8,9	4
13,34	8,56	311	43,8	37,40	88,0	7,70	9,2	4
13,33	8,56	311	43,8	37,37	88,0	7,70	9,4	4
13,34	8,56	311	43,7	37,34	88,3	7,73	9,7	4
13,33	8,56	311	43,7	37,33	88,3	7,73	10,1	5
13,34	8,56	311	43,8	37,37	88,6	7,75	10,5	5
13,34	8,56	311	43,8	37,37	88,8	7,78	10,8	5
13,33	8,56	311	43,8	37,37	88,9	7,79	11,0	6

**Stazione S4**

Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Dep100 [meters]	Turbidity [NTU]
14,13	8,39	312	42,2	35,17	77,9	6,75	0,1	4
14,11	8,39	312	42,3	35,24	76,2	6,60	0,2	4
14,11	8,44	311	42,5	35,39	75,0	6,50	0,4	4
14,08	8,40	311	42,4	35,35	75,0	6,50	0,7	4
13,97	8,43	310	42,6	35,61	74,4	6,46	0,9	3
13,94	8,45	310	42,8	35,88	74,6	6,48	1,1	3
13,86	8,46	310	42,8	35,97	75,3	6,54	1,4	3
13,75	8,47	309	42,9	36,11	75,7	6,59	1,5	3
13,65	8,48	309	43,1	36,44	76,0	6,63	1,6	3
13,53	8,50	309	43,1	36,54	77,0	6,73	1,8	3
13,48	8,50	309	43,1	36,63	77,7	6,79	2,1	3
13,47	8,51	309	43,2	36,65	78,3	6,85	2,3	3
13,45	8,51	309	43,2	36,70	78,6	6,88	2,5	3
13,46	8,51	309	43,2	36,71	79,2	6,93	2,8	4
13,46	8,52	309	43,2	36,71	79,5	6,96	3,1	4
13,47	8,51	309	43,2	36,66	79,7	6,98	3,3	4
13,47	8,51	309	43,2	36,71	80,0	7,00	3,6	4
13,46	8,52	309	43,2	36,71	80,2	7,02	3,8	5
13,45	8,52	309	43,2	36,73	80,2	7,02	4,0	11
13,45	8,52	309	43,2	36,72	80,4	7,04	4,2	6
13,44	8,52	309	43,2	36,72	80,6	7,05	4,4	6
13,43	8,52	309	43,2	36,74	80,9	7,08	4,6	6
13,43	8,52	309	43,2	36,75	80,8	7,07	4,8	6
13,45	8,52	309	43,3	36,77	81,1	7,09	4,9	6

**Stazione S5**

Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Dep100 [meters]	Turbidity [NTU]
13,7	8,40	315	42,1	35,42	76,4	6,69	0,3	5
13,61	8,43	315	42,5	35,87	76,2	6,67	0,7	4
13,57	8,44	314	42,6	36,02	76,0	6,65	1,1	3
13,53	8,46	314	43,0	36,42	75,9	6,64	1,5	4
13,51	8,47	314	43,1	36,57	76,2	6,67	2,0	4
13,49	8,49	314	43,1	36,60	76,6	6,70	2,3	4
13,47	8,50	314	43,2	36,66	77,2	6,76	2,9	4
13,45	8,50	314	43,2	36,72	78,1	6,83	3,1	4
13,42	8,50	314	43,3	36,82	78,5	6,88	3,4	4
13,41	8,51	314	43,3	36,88	79,2	6,94	3,9	4
13,41	8,51	314	43,4	36,93	79,5	6,96	4,2	14
13,41	8,52	314	43,4	36,94	79,7	6,97	4,5	18

**Stazione S6**

Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Dep100 [meters]	Turbidity [NTU]
14,23	8,29	312	40,9	33,79	74,7	6,50	0,0	6
14,30	8,29	312	41,1	33,96	73,7	6,39	0,5	5
14,45	8,32	312	41,9	34,52	71,3	6,15	0,7	6
14,11	8,39	311	42,8	35,69	70,0	6,06	1,2	5
13,70	8,44	311	43,0	36,21	69,9	6,08	1,3	5
13,60	8,46	311	43,1	36,50	71,4	6,23	1,6	5
13,51	8,49	311	43,2	36,60	72,7	6,35	1,7	4
13,46	8,50	311	43,2	36,67	74,2	6,50	2,2	4
13,45	8,50	311	43,2	36,67	75,3	6,60	2,3	4
13,44	8,50	311	43,2	36,69	76,1	6,66	2,5	4
13,43	8,51	311	43,2	36,70	76,8	6,72	2,8	4
13,42	8,51	311	43,2	36,70	77,2	6,77	3,2	4
13,42	8,51	311	43,2	36,74	77,7	6,81	3,4	4
13,42	8,52	311	43,2	36,77	78,1	6,84	3,6	4
13,43	8,51	312	43,3	36,79	78,4	6,86	3,8	4
13,45	8,50	312	43,3	36,82	78,2	6,85	4,2	4
13,46	8,49	312	43,3	36,82	77,6	6,79	4,4	4
13,45	8,50	312	43,4	36,86	76,5	6,69	4,7	4
13,45	8,50	312	43,4	36,88	75,2	6,58	4,9	5

**Stazione S7**

Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Dep100 [meters]	Turbidity [NTU]
14,41	8,28	309	41,2	33,93	63,6	5,50	0,1	5
14,37	8,28	309	41,2	34,00	63,4	5,49	0,2	5
14,39	8,29	309	41,3	34,04	63,0	5,46	0,2	5
14,41	8,30	309	41,5	34,26	62,7	5,41	0,6	5
14,33	8,31	309	41,7	34,51	62,4	5,40	0,7	5
14,20	8,32	309	42,1	35,01	62,4	5,40	0,9	5
14,13	8,36	309	42,6	35,48	62,8	5,43	1,2	5
13,94	8,41	309	43,2	36,27	62,8	5,44	1,4	5
13,78	8,44	309	43,3	36,49	63,5	5,52	1,6	4
13,67	8,48	309	43,3	36,61	64,7	5,63	1,8	4
13,63	8,50	309	43,4	36,71	67,1	5,84	2,0	4
13,66	8,50	309	43,5	36,80	68,8	5,99	2,2	4
13,69	8,50	309	43,5	36,76	69,9	6,08	2,4	4
13,64	8,50	309	43,4	36,73	70,6	6,14	2,6	3
13,60	8,50	309	43,4	36,79	71,7	6,25	2,9	3
13,57	8,50	309	43,4	36,79	72,1	6,29	3,0	3
13,53	8,50	309	43,4	36,81	72,5	6,33	3,3	3
13,52	8,49	309	43,4	36,88	72,8	6,35	3,5	3
13,55	8,47	309	43,5	36,89	72,4	6,31	3,8	9
13,51	8,47	309	43,4	36,83	71,4	6,24	3,9	12
13,48	8,47	309	43,4	36,87	70,9	6,20	4,3	13
13,44	8,49	310	43,4	36,92	70,6	6,17	4,6	14
13,41	8,50	310	43,4	36,95	71,2	6,23	4,8	14
13,40	8,52	310	43,4	36,96	71,9	6,30	5,0	13
13,38	8,52	310	43,4	36,98	73,1	6,40	5,4	13
13,39	8,52	310	43,4	36,97	74,3	6,50	5,7	19
13,38	8,53	310	43,5	37,03	75,5	6,61	5,9	18

**MEDIA**

Stazione	Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Turbidity [NTU]
S1	13,39 ±0,1	8,52 ±0,03	303,24 ±1,07	43,49 ±0,30	37,05 ±0,38	84,15 ±4,34	7,37 ±0,38	3,93 ±0,98
S2	13,48 ±0,09	8,49 ±0,03	308,67 ±0,48	43,16 ±0,28	36,62 ±0,36	78,03 ±2,59	6,83 ±0,23	5,29 ±2,91
S3	13,46 ±0,26	8,52 ±0,06	309,35 ±1,08	43,37 ±0,41	36,86 ±0,62	82,66 ±5,62	7,23 ±0,51	4,63 ±1,01
S4	13,65 ±0,27	8,48 ±0,04	309,54 ±0,98	42,98 ±0,33	36,32 ±0,57	78,10 ±2,31	6,81 ±0,22	4,38 ±1,8
S5	13,50 ±0,09	8,48 ±0,04	314,17 ±0,39	43,02 ±0,41	36,49 ±0,48	77,46 ±1,46	6,78 ±0,13	6,00 ±4,77
S6	13,64 ±0,35	8,46 ±0,08	311,42 ±0,51	42,90 ±0,75	36,23 ±1,00	75,00 ±2,81	6,55 ±0,27	4,47 ±0,70
S7	13,76 ±0,37	8,44 ±0,09	309,22 ±0,42	42,95 ±0,82	36,20 ±1,09	68,45 ±4,45	5,96 ±0,41	7,41 ±5,01

**MODA**

Stazione	Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Turbidity [NTU]
S1	13,32	8,54	302,00	43,80	37,44	87,60	7,67	4,00
S2	13,42	8,50	309,00	43,20	36,83	74,00	6,47	3,00
S3	13,31	8,55	309,00	43,60	37,37	87,60	7,67	4,00
S4	13,45	8,52	309,00	43,20	36,71	75,00	6,50	3,00
S5	13,41	8,50	314,00	43,10	36,60	76,20	6,67	4,00
S6	13,45	8,50	311,00	43,20	36,67	75,30	6,50	4,00
S7	14,41	8,50	309,00	43,40	36,79	62,40	5,40	5,00

**MEDIANA**

Stazione	Temp [°C]	pH [Units]	ORP [mV]	SpCond [mS/cm]	Sal [ppt]	DO% [Sat]	DO [mg/l]	Turbidity [NTU]
S1	13,33	8,54	303,00	43,60	37,18	85,40	7,49	4,00
S2	13,43	8,50	309,00	43,20	36,75	78,65	6,89	3,50
S3	13,34	8,54	309,00	43,45	37,07	83,85	7,35	4,00
S4	13,47	8,51	309,00	43,20	36,66	78,45	6,87	4,00
S5	13,48	8,50	314,00	43,15	36,63	76,90	6,73	4,00
S6	13,45	8,50	311,00	43,20	36,69	75,30	6,60	4,00
S7	13,63	8,49	309,00	43,40	36,79	70,60	6,14	5,00

## Capitolo 5 - Risultati delle analisi chimiche sui sedimenti

### 5.1 - Granulometria

Di seguito viene riportata la composizione percentuale delle principali classi granulometriche:

Tab. 5.1 - Granulometria

Campione	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Fraz. < 63 $\mu$ m (%)
M1 0-50	6,12	57,94	35,94
M1 50-100	2,76	35,72	61,51
M1 100-130	10,84	45,68	43,48
M2 0-50	0,12	52,12	47,76
M2 50-100	0,29	60,95	38,76
M2 100-150	0,13	50,41	49,47
M2 150-200	0,92	57,73	41,35
M3 0-50	0,40	62,99	36,61
M3 50-100	0,74	68,61	30,65
M3100-150	1,92	74,81	23,27
M3 150-200	18,94	62,39	18,67
M4 0-50	0,06	62,78	37,16
M4 50-100	1,37	89,46	9,16
M4 100-150	0,00	90,20	9,80
M4 150-200	0,00	88,31	11,69
M5 0-50	1,12	17,71	81,17
M5 50-100	0,66	88,26	11,08
M5 100-150	1,12	83,55	15,33
M5 150-200	0,00	83,01	16,99
M6 0-50	4,56	59,90	35,54
M6 50-100	21,71	29,27	49,02
M6 100-150	16,51	37,11	46,38
M6 150-200	1,07	75,09	23,84
M7 0-50	0,78	33,16	66,07
M7 50-100	1,81	37,39	60,81
M7 100-150	0,42	62,02	37,57
M7 150-200	0,38	73,59	26,03
M8 0-50	2,28	23,63	74,09
M850-100	1,51	64,01	34,48
M8 100-150	1,79	52,85	45,36
M8 150-200	19,85	64,06	16,10

Tab. 5.1 – Granulometria (continua)

Campione	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Fraz. < 63 µm (%)
M9 0-50	0,55	79,97	19,48
M9 50-100	0,68	90,25	9,07
M9 100-150	0,00	92,51	7,49
M9 150-200	0,00	92,80	7,20
M10 0-50	11,59	56,20	32,21
M10 50-100	0,32	36,07	63,61
M10100-150	0,00	24,12	75,88
M10 150-200	0,00	37,53	62,47

### - Distribuzione delle classi granulometriche

Tab. 5.2 - Distribuzione delle classi granulometriche

Campione	2000 µm	1000 µm	500 µm	250 µm	125 µm	63 µm	< 63 µm
M1 0-50	6,12	1,18	2,24	4,77	21,04	28,70	35,94
M1 50-100	2,76	0,64	1,13	2,68	10,04	21,23	61,51
M1 100-130	10,84	3,13	3,69	7,67	16,35	14,85	43,48
M2 0-50	0,12	0,16	0,47	2,58	24,12	24,78	47,76
M2 50-100	0,29	0,66	1,75	6,02	28,84	23,69	38,76
M2 100-150	0,13	0,17	0,64	3,91	25,74	19,95	49,47
M2 150-200	0,92	0,34	0,38	1,77	30,14	25,10	41,35
M3 0-50	0,40	0,23	0,37	1,07	21,07	40,25	36,61
M3 50-100	0,74	0,85	0,90	1,72	22,19	42,94	30,65
M3100-150	1,92	1,82	2,16	3,58	29,33	37,92	23,27
M3 150-200	18,94	13,31	4,69	5,45	19,06	19,89	18,67
M4 0-50	0,06	0,23	1,78	5,69	30,81	24,28	37,16
M4 50-100	1,37	1,47	0,71	4,43	59,41	23,44	9,16
M4 100-150	0,00	0,11	0,54	4,98	57,41	27,16	9,80
M4 150-200	0,00	0,03	0,29	2,21	49,76	36,03	11,69
M5 0-50	1,12	0,91	0,87	1,78	6,33	7,83	81,17
M5 50-100	0,66	0,07	0,22	3,92	55,95	28,10	11,08
M5 100-150	1,12	0,10	0,38	6,54	46,58	29,95	15,33
M5 150-200	0,00	0,00	0,26	17,93	44,43	20,39	16,99
M6 0-50	4,56	1,67	2,48	6,77	32,40	16,59	35,54
M6 50-100	21,71	3,99	4,99	6,91	8,13	5,25	49,02
M6 100-150	16,51	7,48	9,29	6,57	8,36	5,41	46,38
M6 150-200	1,07	1,51	1,04	5,76	38,83	27,96	23,84



Tab. 5.2 - Distribuzione delle classi granulometriche (continua)

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 $\mu\text{m}$
M7 0-50	0,78	0,55	0,32	0,66	7,00	24,63	66,07
M7 50-100	1,81	1,23	1,47	2,88	11,04	20,77	60,81
M7 100-150	0,42	1,28	1,60	7,69	28,92	22,53	37,57
M7 150-200	0,38	0,17	0,69	9,22	47,53	15,97	26,03
M8 0-50	2,28	0,69	0,79	1,54	7,81	12,79	74,09
M850-100	1,51	0,89	0,46	2,04	27,41	33,21	34,48
M8 100-150	1,79	1,37	1,34	2,05	19,45	28,64	45,36
M8 150-200	19,85	6,06	7,27	6,80	24,02	19,90	16,10
M9 0-50	0,55	0,38	1,04	2,64	38,76	37,14	19,48
M9 50-100	0,68	0,06	0,13	1,22	45,25	43,59	9,07
M9 100-150	0,00	0,00	0,06	1,12	53,49	37,85	7,49
M9 150-200	0,00	0,00	0,00	0,44	52,29	40,07	7,20
M10 0-50	11,59	4,99	9,03	14,69	15,99	11,50	32,21
M10 50-100	0,32	0,40	0,93	2,20	11,61	20,92	63,61
M10100-150	0,00	0,18	0,42	1,21	7,58	14,73	75,88
M10 150-200	0,00	0,09	0,19	0,57	12,93	23,75	62,47

## 5.2 - Umidità

Tab. 5.3 - Umidità

Campione	Umidità (%)
M1 0-50	29
M1 50-100	35
M1 100-130	32
M2 0-50	30
M2 50-100	28
M2 100-150	29
M2 150-200	26
M3 0-50	29
M3 50-100	27
M3 100-150	30
M3 150-200	18
M4 0-50	30
M4 50-100	21
M4 100-150	19
M4 150-200	19

Tab. 5.3 – Umidità (continua)

<b>Campione</b>	<b>Umidità (%)</b>
M5 0-50	39
M5 50-100	24
M5 100-150	30
M5 150-200	20
M6 0-50	36
M6 50-100	38
M6 100-150	35
M6 150-200	25
M7 0-50	38
M7 50-100	38
M7 100-150	17
M7 150-200	17
M8 0-50	44
M8 50-100	32
M8 100-150	30
M8 150-200	23
M9 0-50	33
M9 50-100	23
M9 100-150	23
M9 150-200	23
M10 0-50	48
M10 50-100	16
M10 100-150	18
M10 150-200	18

## 5.4 - Analisi chimiche

### - Azoto totale, Fosforo totale, Sostanza organica

Tab. 5.4 – Azoto, Fosforo e sostanza organica nei sedimenti

Campione	Azoto tot. (N) (mg/kg s.s.)	Fosforo tot. (P) (mg/kg s.s.)	Sostanza organica (%)
M1/0-50	1948	780	2,57
M1/50-100	1238	764	4,77
M1/100-130	1405	1019	3,92
M2/0-50	1973	821	2,18
M2/50-100	1045	749	2,48
M2/100-150	1232	1022	2,21
M2/150-200	1137	628	2,14
M3/0-50	2024	755	1,07
M3/50-100	1245	678	1,04
M3/100-150	1343	970	1,07
M3/150-200	1245	675	1,20
M4/0-50	2096	793	3,61
M4/50-100	1352	1047	0,54
M4/100-150	1517	858	0,67
M4/150-200	1414	436	0,61
M5/0-50	2248	995	2,74
M5/50-100	1257	617	0,66
M5/100-150	1332	793	0,65
M5/150-200	1442	483	0,80
M6/0-50	2232	1039	3,07
M6/50-100	1437	943	9,37
M6/100-150	1024	1003	7,26
M6/150-200	1221	375	1,13
M7/0-50	2292	1044	4,32
M7/50-100	1339	857	4,47
M7/100-150	1278	775	1,93
M7/150-200	1376	519	3,21

Tab. 5.4 – Azoto, Fosforo e sostanza organica nei sedimenti (continua)

Campione	Azoto tot. (N) (mg/kg s.s.)	Fosforo tot. (P) (mg/kg s.s.)	Sostanza organica (%)
M8/0-50	2309	923	5,99
M8/50-100	1589	472	2,21
M8/100-150	1509	965	2,28
M8/150-200	1258	538	1,30
M9/0-50	2128	902	2,95
M9/50-100	1314	367	0,61
M9/100-150	1498	1085	0,53
M9/150-200	1429	1002	0,52
M10/0-50	2114	1300	6,13
M10/50-100	1465	426	1,04
M10/100-150	1489	842	1,18
M10/150-200	1438	856	1,26

#### - Idrocarburi totali (C<12 e C>12)

Tab. 5.5 – Idrocarburi totali nei sedimenti

Campione	Idrocarburi leggeri (mg/kg s.s.)	Idrocarburi pesanti (mg/kg s.s.)	Idrocarburi totali (mg/kg s.s.)
M1/0-50	N.D.	N.D.	N.D.
M1/50-100	N.D.	13,01	13,01
M1/100-130	N.D.	25,4	25,4
M2/0-50	N.D.	N.D.	N.D.
M2/50-100	N.D.	N.D.	N.D.
M2/100-150	N.D.	20,8	20,8
M2/150-200	N.D.	6,4	6,4
M3/0-50	N.D.	N.D.	N.D.
M3/50-100	N.D.	N.D.	N.D.
M3/100-150	N.D.	5,8	5,8
M3/150-200	N.D.	N.D.	N.D.
M4/0-50	N.D.	N.D.	N.D.
M4/50-100	N.D.	N.D.	N.D.
M4/100-150	N.D.	N.D.	N.D.
M4/150-200	N.D.	N.D.	N.D.

Tab. 5.5 – Idrocarburi totali nei sedimenti (continua)

<b>Campione</b>	<b>Idrocarburi leggeri (mg/kg s.s.)</b>	<b>Idrocarburi pesanti (mg/kg s.s.)</b>	<b>Idrocarburi totali (mg/kg s.s.)</b>
<b>M5/0-50</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M5/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M5/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M5/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M6/0-50</b>	N.D.	34,7	34,7
<b>M6/50-100</b>	N.D.	611	611
<b>M6/100-150</b>	N.D.	31,9	31,9
<b>M6/150-200</b>	N.D.	9,5	9,5
<b>M7/0-50</b>	N.D.	7,6	7,6
<b>M7/50-100</b>	N.D.	45,8	45,8
<b>M7/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M7/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M8/0-50</b>	N.D.	31,0	31,0
<b>M8/50-100</b>	N.D.	6,9	6,9
<b>M8/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M8/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M9/0-50</b>	N.D.	13,7	13,7
<b>M9/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M9/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M9/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M10/0-50</b>	N.D.	216	216
<b>M10/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M10/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.
<b>M10/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.

**- Idrocarburi Policiclici Aromatici**

 Tab. 5.6 – Idrocarburi Policiclici Aromatici ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.), nei sedimenti

Campione	Naftalene	Acenaftilene	Acenaftene	Fluorene	Fenantrene	Antracene	Fluorantene	Pirene	Benzo(a)antracene	Crisene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(a)pirene	Indeno(1,2,3-cd)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Benzo(ghi)perilene	Sommatoria IPA
<b>M1/0-50</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6,7	5,9	3,6	4,5	2,5	6,9	4,2	4,3	N.D.	4,2	<b>42,8</b>
<b>M1/50-100</b>	N.D.	0,6	2,5	4,8	131,8	27,8	238,3	197,4	120,5	132,8	67,8	175,6	140	104,7	23,3	89,1	<b>1457</b>
<b>M1/100-130</b>	N.D.	13,8	7,4	12,8	205,8	50,0	443,6	348,2	198,4	218,5	109,6	265,3	204,4	155,3	30,5	117,9	<b>2381,5</b>
<b>M2/0-50</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2,5	N.D.	5,6	5,3	2,9	3,9	2,6	6,7	4,0	3,5	N.D.	4,3	<b>41,3</b>
<b>M2/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5,2	4,4	2,6	4,5	2,6	5,4	3,7	4	N.D.	3,8	<b>36,2</b>
<b>M2/100-50</b>	N.D.	3,1	N.D.	N.D.	11,1	3,3	28,9	25,3	14,3	21,1	27,4	13,2	19,2	17,5	4,1	13,9	<b>202,4</b>
<b>M2/150-200</b>	N.D.	N.D.	5,5	7,9	143,5	39,5	222,5	163,4	90,9	96,1	46,7	103,5	83,3	62,7	12,4	47,3	<b>1125,2</b>
<b>M3/0-50</b>	N.D.	N.D.	4,0	3,4	27,5	2,8	35,2	27,5	15,1	16,1	9,1	20,7	14,2	13,4	3,0	11,0	<b>203</b>
<b>M3/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M3/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M3/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M4/0-50</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	4,7	4,6	2,5	3,2	1,6	4,7	5,4	2,7	N.D.	2,9	<b>32,3</b>
<b>M4/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M4/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M4/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M5/0-50</b>	N.D.	3,9	N.D.	4,7	119,8	26,0	267,4	229,1	115,8	128,8	64,8	176,9	128,9	115,7	20,8	96,1	<b>1498,7</b>
<b>M5/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2,5	N.D.	3,3	3,4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>9,2</b>

Tab. 5.6 – Idrocarburi Policiclici Aromatici nei sedimenti (continua)

Campione	Naftalene	Acenaftilene	Acenaftene	Fluorene	Fenantrene	Antracene	Fluorantene	Pirene	Benzo(a)antracene	Crisene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(a)pirene	Indeno(1,2,3-cd)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Benzo(ghi)perilene	Sommatoria IPA
<b>M5/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2,5	N.D.	N.D.	2,5	2,5	4,0	2,6	2,9	N.D.	2,5	<b>19,5</b>
<b>M5/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M6/0-50</b>	N.D.	50,2	3,0	6,7	129,1	68,1	657,7	658,1	324,4	359,1	212,1	590,2	478,0	391,1	65,3	364,2	<b>4357,3</b>
<b>M6/50-100</b>	14,3	49,3	46,9	57,5	692,6	215,9	1897,7	1636,8	654,6	680,4	252,4	705,7	553,1	415,3	87,1	373,1	<b>8332,7</b>
<b>M6/100-150</b>	N.D.	9,7	7,7	15,7	147,2	28,6	274,0	241,5	110,6	125,7	71,8	184,0	143,7	126,4	20,2	106,9	<b>1613,7</b>
<b>M6/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	27,2	4,5	149,9	131,6	68,4	96,5	120,1	50,7	85,0	64,3	13,4	55,9	<b>867,5</b>
<b>M7/0-50</b>	N.D.	5,7	2,6	2,5	33,7	7,1	82,7	74,8	41,7	51,4	35,3	90,7	64,0	54,9	13,0	49,6	<b>609,7</b>
<b>M7/50-100</b>	N.D.	7,3	3,2	3,5	46,7	11,3	92,9	87,4	50,5	65,7	95,4	39,3	69,7	67,7	13,5	53,7	<b>707,8</b>
<b>M7/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M7/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M8/0-50</b>	N.D.	10,5	N.D.	3,3	71,4	18,8	227,7	202,4	132,9	144,9	79,2	208,5	150,3	111,1	26,6	100,5	<b>1488,1</b>
<b>M8/50-100</b>	N.D.	2,8	2,5	3,8	62,2	13,7	122,9	104,5	51,6	62,7	34,7	82,8	64,3	62,4	10,3	48,1	<b>729,3</b>
<b>M8/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	4,9	4,6	N.D.	2,5	N.D.	3,1	2,5	N.D.	N.D.	N.D.	<b>17,6</b>
<b>M8/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M9/0-50</b>	N.D.	2,5	N.D.	N.D.	5,1	2,5	18,4	27,8	15,4	17,0	15,4	34,1	10,1	23,9	5,0	19,6	<b>206,8</b>
<b>M9/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M9/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M9/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M10/0-50</b>	N.D.	10,5	2,5	4,3	68,1	19,9	191,1	257,0	94,7	106,2	49,9	141,9	83,7	64,8	17,5	58,1	<b>1170,2</b>
<b>M10/50-100</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M10/100-150</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>
<b>M10/150-200</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>N.D.</b>



**- Pesticidi organoclorurati**

 Tab. 5.7 – Pesticidi organoclorurati ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.), nei sedimenti

Campioni	$\alpha$ -Endosulfan	$\beta$ -Endosulfan	$\alpha$ -esaclorocicl oesano	$\beta$ -esaclorocicl oesano	$\delta$ -esaclorocicl oesano	$\gamma$ -esaclorocicl oesano	Aldrin	Dieldrina	Endosulfan solfato	Endrin	Endrin aldeide	Eptacloro	Eptacloro epossido	Esacloroben zene	o,p-DDD	o,p-DDE	o,p-DDT	p,p-DDD	p,p-DDE	p,p-DDT	Metossicloro	$\alpha$ -Clordano	$\gamma$ - Clordano
M1/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M1/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,3	N.D.	0,3	2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M1/100-130	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M2/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M2/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M2/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,4	N.D.	N.D.	5,8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M2/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,1	N.D.	N.D.	4,5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M3/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M3/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M3/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M3/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M4/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M4/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M4/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M4/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M5/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M5/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M5/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M5/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Tab. 5.7 – Pesticidi organoclorurati (continua)

Campioni	$\alpha$ -Endosulfan	$\beta$ -Endosulfan	$\alpha$ -esaclorocic loesano	$\beta$ -esaclorocic loesano	$\delta$ -esaclorocic loesano	$\gamma$ -esaclorocic loesano	Aldrin	Dieldrina	Endosulfan solfato	Endrin	Endrin aldeide	Eptacloro	Eptacloro epossido	Esaclorobenzene	$o,p$ -DDD	$o,p$ -DDE	$o,p$ -DDT	$p,p$ -DDD	$p,p$ -DDE	$p,p$ -DDT	Metossicloro	$\square$ -Clordano	$\square$ -Clordano
M6/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M6/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M6/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M6/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M7/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2,9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M7/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,5	N.D.	N.D.	7,6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M7/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M7/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M8/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M8/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M8/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M8/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M9/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,6	0,5	N.D.	3,5	9,7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M9/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M9/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M9/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M10/0-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,4	N.D.	N.D.	12,6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M10/50-100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M10/100-150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M10/150-200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

**- Policlorobifenili e TBT**

Tab. 5.8 – Policlorobifenili e TBT

Campione	$\Sigma$ PCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.)	TBT ( $\mu\text{g}/\text{g}$ s.s.)
M1/0-50	23,5	0,021
M1/50-100	19,7	0,005
M1/100-130	10,4	0,003
M2/0-50	N.D.	0,015
M2/50-100	1,7	0,104
M2/100-150	106,6	0,046
M2/150-200	6,9	0,031
M3/0-50	N.D.	N.D.
M3/50-100	N.D.	N.D.
M3/100-150	0,1	N.D.
M3/150-200	N.D.	N.D.
M4/0-50	N.D.	0,013
M4/50-100	N.D.	N.D.
M4/100-150	N.D.	N.D.
M4/150-200	N.D.	N.D.
M5/0-50	11,9	0,004
M5/50-100	N.D.	N.D.
M5/100-150	N.D.	N.D.
M5/150-200	N.D.	N.D.
M6/0-50	51,6	0,018
M6/50-100	2,6	0,003
M6/100-150	N.D.	N.D.
M6/150-200	N.D.	0,005
M7/0-50	20,5	0,128
M7/50-100	124,5	0,024
M7/100-150	N.D.	N.D.
M7/150-200	N.D.	N.D.
M8/0-50	55,7	0,255
M8/50-100	12,2	N.D.
M8/100-150	N.D.	N.D.
M8/150-200	N.D.	N.D.

Tab. 5.8 – Policlorobifenili e TBT (continua)

<b>Campione</b>	<b><math>\Sigma</math>PCB (<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math> s.s.)</b>	<b>TBT (<math>\mu\text{g}/\text{g}</math> s.s.)</b>
<b>M9/0-50</b>	251,9	0,681
<b>M9/50-100</b>	2,3	0,01
<b>M9/100-150</b>	1,4	N.D.
<b>M9/150-200</b>	N.D.	N.D.
<b>M10/0-50</b>	170,9	0,082
<b>M10/50-100</b>	N.D.	N.D.
<b>M10/100-150</b>	N.D.	N.D.
<b>M10/150-200</b>	N.D.	N.D.

**- Metalli in tracce**

Tab. 5.9 – Metalli in tracce (mg/kg s.s.)

Campione	Al	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
M1 0-50	15381	9,45	0,1029	73,15	46,63	0,4183	53,58	26,41	37,82	3,83
M1 50-100	24602	18,23	0,8124	83,09	81,80	1,9434	72,02	115,87	63,00	251,99
M1 100-130	19219	13,51	0,4652	78,03	57,03	0,9404	75,92	71,98	40,72	150,06
M2 0-50	16175	9,08	0,1006	67,04	66,29	0,1207	55,62	29,73	39,67	112,53
M2 50-100	16423	10,12	0,1814	68,96	77,61	0,3001	48,68	40,34	44,79	148,47
M2 100-150	17536	9,33	0,4677	71,85	84,35	0,5099	69,13	51,70	41,28	156,87
M2 150-200	16300	8,61	0,4931	67,87	51,51	0,4680	47,58	48,75	39,96	153,18
M3 0-50	10803	13,19	0,0112	66,13	6,83	0,0896	56,09	8,22	30,70	41,49
M3 50-100	10722	15,82	0,0144	70,00	3,87	0,0490	60,56	6,95	31,73	36,61
M3 100-150	9847	20,00	0,0182	69,28	4,57	0,0483	54,77	7,47	36,41	33,10
M3 150-200	10941	34,75	0,0209	69,03	5,50	0,0403	55,42	9,78	46,56	34,09
M4 0-50	15621	7,74	0,0844	65,20	51,27	0,1693	51,62	23,83	35,91	83,25
M4 50-100	7900	2,65	0,0031	35,81	3,74	0,0226	28,23	4,72	18,33	29,17
M4 100-150	6911	3,17	0,0462	37,51	2,76	0,0236	22,58	4,61	16,47	28,01
M4 150-200	8654	2,71	0,0352	47,09	2,98	0,0202	37,34	5,14	19,93	29,90
M5 0-50	26008	20,65	0,6057	76,60	221,95	8,4170	109,97	414,96	67,24	295,18
M5 50-100	7270	2,56	0,0180	36,61	4,96	0,0409	31,84	6,81	16,49	28,85
M5 100-150	8900	3,74	0,0019	43,16	4,99	0,0675	29,36	6,82	22,42	27,40
M5 150-200	12417	3,90	0,0218	51,62	12,60	0,0341	50,43	8,55	28,15	39,74
M6 0-50	23906	14,87	0,4662	73,33	121,09	2,0182	65,28	209,88	54,26	345,28
M6 50-100	28665	65,19	0,9612	79,00	298,03	7,9810	113,37	699,60	75,78	510,71
M6 100-150	28290	24,91	0,5412	75,05	150,67	7,0658	89,33	1007,38	67,63	324,15
M6 150-200	13028	6,43	0,0620	49,57	15,98	0,5499	38,76	60,21	30,34	50,84
M7 0-50	27966	22,22	0,4733	81,42	437,07	1,1227	104,52	111,24	70,04	303,23
M7 50-100	29208	24,18	1,4922	78,93	234,72	2,9673	111,88	227,90	71,36	414,37
M7 100-150	15477	9,83	0,0566	60,33	13,93	0,0395	51,53	9,05	37,73	39,37
M7 150-200	12633	13,07	0,0427	75,91	12,07	0,0366	48,02	8,00	36,67	35,00
M8 0-50	26458	26,50	0,6482	77,56	371,10	3,7539	108,72	206,38	63,89	391,55
M8 50-100	8352	16,08	0,0187	40,33	7,75	0,0520	31,67	8,55	32,25	24,81
M8 100-150	9173	13,17	0,0066	47,33	7,46	0,0433	29,57	6,96	29,28	25,21
M8 150-200	9131	20,61	0,0128	38,63	7,61	0,0309	20,55	5,66	33,19	24,57
M9 0-50	14307	24,33	0,8408	62,71	577,08	2,8522	52,97	185,38	36,47	527,19
M9 50-100	7445	1,51	0,0069	33,86	9,34	0,0278	23,80	5,28	22,96	27,88
M9 100-150	8278	2,73	0,0080	36,72	6,38	0,0298	29,49	4,90	27,26	28,92
M9 150-200	6737	3,91	0,0177	37,66	4,42	0,0231	25,83	4,70	29,22	24,35
M10 0-50	22841	26,69	2,4555	82,23	1436,80	3,7186	219,16	554,50	64,58	1291,69
M10 50-100	14813	6,42	0,1036	55,66	23,70	0,0404	54,57	11,12	40,71	50,68
M10 100-150	16622	4,86	0,1047	61,79	25,07	0,0424	71,10	12,36	42,66	54,97
M10 150-200	16556	5,21	0,0960	58,13	22,54	0,0436	65,07	11,80	37,24	54,24

## 5.4 – Analisi ecotossicologiche

### - Saggio biologico con *Corophium orientale*

In tabella 5.10 sono riportati i parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti, registrati all'inizio ed al termine del test di tossicità acuta.

Tab. 5.10 - Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati

Campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
Controllo	15 ± 1°C	36	8,19	0,25	90 ± 5	16 ± 0,5°C	36	8,08	0,75	90 ± 5
M1/0-50		38	8,19	0,25			37	7,92	0,5	
M2/0-50		38	8,19	0,25			38	8,02	0,25	
M2/100-150		38	8,20	0,50			36	7,99	2	
M4/0-50		38	8,20	0,25			37	7,95	0,25	
M4/100-150		38	8,12	0,25			36	7,91	0,25	
M6/ 0-50		39	8,19	0,25			37	7,99	0	
M6/100-150		39	8,25	2,00			37	7,97	5	
M8/0-50		38	8,14	0,50			36	7,95	0	
M8/100-150		38	8,07	1,00			37	7,96	2	
M9/0-50		39	8,13	0,50			37	7,93	0,25	
M9/100-150		39	8,06	0,25			37	7,79	0,5	
M10/0-50		39	8,02	0,25			37	7,99	0,25	
M10/100-150		38	8,01	2,00			36	7,84	2	

La sensibilità degli organismi rilevata verso il tossico di riferimento (CdCl<sub>2</sub>) è pari a LC50 = 3,36 mg/l (LC = 2,76 mg/l e UC = 4,09 mg/l), tale valore rientra nella carta di controllo del laboratorio e risulta coerente a questo periodo dell'anno.

Le percentuali di mortalità di *C. orientale*, registrate nel test "a breve termine" e la stima della tossicità acuta sono riportate nella successiva tabella.

Tab. 5.11 - Percentuali di mortalità di *C.orientale* osservate nei sedimenti e stima della tossicità acuta

Campione	Numero degli organismi esposti	% organismi morti ( $\pm$ dev.st %)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	$2 \pm 2,31$	0	-
M1/0-50	100	$6 \pm 2,31$	4	assente
M2/0-50	100	$7 \pm 6,00$	5	assente
M2/100-150	100	$13 \pm 5,03$	11	assente
M4/0-50	100	$8 \pm 5,66$	6	assente
M4/100-150	100	$3 \pm 3,83$	1	assente
M6/0-50	100	$16 \pm 9,24$	14	assente
M6/100-150	100	$16 \pm 6,53$	14	assente
M8/0-50	100	$8 \pm 3,27$	6	assente
M8/100-150	100	$6 \pm 2,31$	4	assente
M9/0-50	100	$37 \pm 2,00$	36	media
M9/100-150	100	$8 \pm 3,27$	6	assente
M10/0-50	100	$16 \pm 8,64$	14	assente
M10/100-150	100	$7 \pm 6,00$	5	assente

La percentuale di organismi morti rilevata nel campione M9/0-50 è risultata significativamente inferiore alla mortalità osservata nel sedimento di controllo negativo, ciò evidenzia la presenza di tossicità acuta media in questo campione. E' da notare che le percentuali di mortalità osservate nei campioni M6/0-50, M6/100-150 e M10/0-50 si ritrovano ai limiti inferiori della tossicità acuta bassa. Le percentuali di mortalità degli organismi ritrovate nei campioni M1/0-50 M2/0-50 M2/100-150 M4/0-50 M4/100-150 M8/0-50 M8/100-150 M9/100-150 M10/100-150 non differiscono sostanzialmente dalla percentuale di mortalità osservata nel controllo negativo, ciò evidenzia un'assenza di tossicità acuta.



### - Saggio biologico con *Paracentrotus lividus*

Nella tabella sottostante, sono riportati i parametri registrati negli elutriati utilizzati nel test di fecondazione con *P. lividus*.

Tab. 5.12 - Parametri registrati negli elutriati

Campione	Salinità (‰)	pH
Controllo	37	8,10
M1/0-50	37	7,88
M2/0-50	36	8,01
M2/100-150	36	7,75
M4/0-50	37	7,98
M4/100-150	36	7,95
M6/ 0-50	36	8,00
M6/100-150	36	8,00
M8/0-50	36	8,01
M8/100-150	36	7,46
M9/0-50	39	8,24
M9/100-150	38	8,19
M10/0-50	38	8,14
M10/100-150	37	7,97

La sensibilità dei gameti maschili nei confronti del nitrato di rame, usato come tossico di riferimento, espressa come EC50 = 38,96 µg/l (LC = 28,44 µg/l; UC = 53,39 µg/l), rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio per l'accettabilità del test.

Nella tabella a pagina successiva sono riportati i risultati del saggio biologico di fecondazione con *P. lividus* e la stima dei valori dell'EC20 e dell'EC50.

Tab. 5.13 - Risultati del saggio biologico di fecondazione con *P. lividus* e stima dei valori di EC20 e di EC50.

Campione	Concentrazione dell'elutriato (%)	% uova fecondate			% Media delle uova non fecondate	% Correzione Abbott (uova non fecondate)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Giudizio di tossicità
		replica							
		1	2	3					
<b>Controllo</b>		86	85	86	14	0	-	-	-
<b>M1/0-50</b>	100	64	62	65	36	26	> 90	>100	assente
	50	76	76	74	25	12			
	25	81	80	84	18	5			
<b>M2/0-50</b>	100	76	72	74	26	14	77,7	>100	bassa
	50	80	79	83	19	6			
	25	84	84	83	16	2			
<b>M2/100-150</b>	100	75	73	73	26	14	> 90	>100	assente
	50	79	79	77	22	9			
	25	81	84	82	18	4			
<b>M4/0-50</b>	100	73	75	73	26	14	> 90	>100	assente
	50	77	79	79	22	9			
	25	82	80	84	18	4			
<b>M4/100-150</b>	100	74	76	74	25	13	> 90	>100	assente
	50	81	80	78	20	7			
	25	84	81	82	18	4			
<b>M6/ 0-50</b>	100	76	72	73	26	14	> 90	>100	assente
	50	79	76	78	22	9			
	25	85	83	82	17	3			
<b>M6/100-150</b>	100	61	60	62	39	29	68,3	>100	bassa
	50	72	76	74	26	14			
	25	79	80	80	20	7			
<b>M8/0-50</b>	100	69	70	69	31	19	> 90	>100	assente
	50	74	78	77	24	11			
	25	81	79	82	19	6			
<b>M8/100-150</b>	100	75	76	76	24	12	> 90	>100	assente
	50	82	80	83	18	5			
	25	84	83	85	16	2			
<b>M9/0-50</b>	100	0	0	0	100	100	n.c	n.c	alta
	50	70	71	70	30	18			
	25	78	81	80	20	7			
<b>M9/100-150</b>	100	29	32	30	70	65	44,5	79,3	media
	50	67	65	65	34	23			
	25	78	76	79	22	9			
<b>M10/0-50</b>	100	16	16	17	84	81	45,5	67,8	media
	50	64	62	62	37	27			
	25	76	78	75	24	11			
<b>M10/100-150</b>	100	63	58	61	39	29	58,41	>100	bassa
	50	72	69	70	30	18			
	25	78	79	76	22	9			

L'esito della fecondazione nell'elutriato M9/0-50, alla concentrazione del 100%, è risultato interamente inibito, ciò indica un'alta tossicità acuta del campione; la completa mancanza di uova fecondate alla concentrazione del 100 % non ha, infatti, permesso di effettuare la stima della ECx.

La percentuale di uova fecondate osservata negli elutriati M9/100-150 e M10/0-50 risultano significativamente ridotte in confronto alla percentuale di fecondazione nel controllo negativo. I valori dell'EC50 rilevano la presenza di una tossicità media.

Negli elutriati M2/0-50, M6/100-150 e M10/100-150 sono state rilevate percentuali di uova fecondate inferiori alla percentuale di fecondazione nel controllo negativo, ciò indica una bassa tossicità acuta dei campioni.

Gli esiti della fecondazione, osservate nei restanti campioni sono risultati simili alla percentuale di uova fecondate osservata nel controllo negativo evidenziando assenza di tossicità acuta negli elutriati testati.

#### - Saggio biologico con *Vibrio fischeri*

Nella tabella sottostante, sono riportati i parametri registrati negli elutriati utilizzati nel saggio biologico con *V. fischeri*.

Tab. 5.14 – Misura del pH e della salinità negli elutriati

Campione	pH	Salinità (‰)
<b>M1/0-50</b>	7,9	32,9
<b>M2/0-50</b>	8,13	32,9
<b>M2/100-150</b>	8,27	33
<b>M4/0-50</b>	8,08	32,7
<b>M4/100-150</b>	7,82	32,3
<b>M6/0-50</b>	7,94	32,6
<b>M6/100-150</b>	8,31	31,5
<b>M8/0-50</b>	8	33,4
<b>M8/100-150</b>	7,91	32,4
<b>M9/0-50</b>	8,11	32,6
<b>M9/100-150</b>	8,0	32,5
<b>M10/0-50</b>	8,03	33,4
<b>M10/100-150</b>	7,97	31,9

Nella tabella a pagina successiva sono riportate le percentuali di effetto (diminuzione della bioluminescenza) alla massima concentrazione dopo 5, 15 e 30 minuti di esposizione dei batteri ed il relativo rapporto  $I_t/I_0$ .

Tab. 5.15 - Percentuali di effetto alla massima concentrazione dopo 5', 15' e 30' e rapporto  $I_t/I_0$ 

Campione	% Effetto Conc.MAX 5 minuti	$f_t = I_t/I_0$ 5 minuti	% Effetto Conc.MAX 15 minuti	$f_t = I_t/I_0$ 15 minuti	% Effetto Conc.MAX 30 minuti	$f_t = I_t/I_0$ 30 minuti
<b>M1/0-50</b>	2,49	1,0	-8,20	0,9	-17,64	0,8
<b>M2/0-50</b>	4,86	1,0	-9,49	0,9	-19,35	0,9
<b>M2/100-150</b>	-1,46	1,1	-14,87	1,1	-16,14	1,2
<b>M4/0-50</b>	-2,73	1,1	-11,91	1,2	-16,21	1,3
<b>M4/100-150</b>	9,22	1,0	-8,39	0,9	-14,99	0,9
<b>M6/0-50</b>	0,50	1,1	-11,38	1,1	-16,90	1,1
<b>M6/100-150</b>	12,79	1,0	5,36	1,1	2,11	1,2
<b>M8/0-50</b>	12,60	1,1	-0,71	1,2	-2,51	1,4
<b>M8/100-150</b>	-1,84	1,1	-9,89	1,3	-9,47	1,5
<b>M9/0-50</b>	-1,30	1,1	-15,43	1,1	-19,89	1,1
<b>M9/100-150</b>	-4,89	1,1	-17,28	1,2	-24,82	1,3
<b>M10/0-50</b>	17,64	1,0	3,86	1,1	-2,78	1,2
<b>M10/100-150</b>	-6,29	1,1	-17,56	1,3	-13,23	1,5

Nella tabella riportata alla pagina successiva, sono riportati i valori di EC50 e di EC20 stimate ad ogni lettura effettuata (5', 15' e 30') e valutazione della tossicità espressa al sistema Microtox dopo la lettura dei 15 minuti.

Tab. 5.16 - Valori di EC50 e di EC20 dopo 5', 15' e 30' e valutazione della tossicità dopo 15 minuti

Campione	EC50 (%)			EC20 (%)			Tossicità 15 minuti
	5 minuti	15 minuti	30 minuti	5 minuti	15 minuti	30 minuti	
<b>M1/0-50</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M2/0-50</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M2/100-150</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M4/0-50</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M4/100-150</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M6/0-50</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M6/100-150</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M8/0-50</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M8/100-150</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M9/0-50</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M9/100-150</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M10/0-50</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente
<b>M10/100-150</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Assente

Tutti i campioni sono risultati con tossicità assente poiché non è stato possibile determinare né una EC50 né una EC20.