

ENI S.p.A.
UPSTREAM DICS

SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO CLARA NW

MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA
DALL'INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA
COLLEGANTE CLARA NW A CALIPSO

FASE DI PRODUZIONE

1° ANNO

RAPPORTO FINALE

(gennaio - dicembre 2016)

RAPPORTO n. 5

OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR - ISMAR SEDE DI ANCONA

COORDINATORE:
GIANNA FABI

RESPONSABILE SCIENTIFICO:
ALESSANDRA SPAGNOLO

RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
ALESSANDRA SPAGNOLO
LUDMILA KOZINKOVA
ANNA MARIA DE BIASI
ELISA PUNZO

ANCONA, Giugno 2017

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	4
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA	4
2.1.2.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	7
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI.....	7
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	7
2.2.2.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	11
2.2.2.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	11
2.2.2.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	12
2.2.2.3	<i>Corophium orientale</i>	13
2.2.2.4	<i>Crassostrea gigas</i>	14
2.2.2.5	Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i>	15
2.2.3.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA	46
3.	RISULTATI.....	21
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	21
3.1.1.	GRANULOMETRIA.....	21
3.1.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	23
3.1.3.	IDROCARBURI TOTALI	25
3.1.4.	METALLI PESANTI.....	25
3.1.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	35
3.1.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC).....	36
3.2.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI.....	38
3.2.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	38
3.2.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®)	39
3.2.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	39
3.2.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	41
3.2.5.	RICERCA DI METALLI PESANTI IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	42
3.3.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA	45
3.3.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)	45
3.3.2.	AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE.....	54
3.3.3.	DOMINANZA	55
3.3.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)	57
3.3.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S _M)	58
3.3.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H')	59
3.3.7.	MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS).....	60
3.3.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE	61
3.3.8.1	Indice W di Clarke.....	61
3.3.8.2	Indice AMBI.....	62
3.3.8.3	Indice Bentix	62
3.3.8.4	Stato ecologico	64
4.	CONCLUSIONI.....	66

5. BIBLIOGRAFIA.....	69
ALLEGATO A Schede tecniche della strumentazione utilizzata nelle indagini	I
- ALL. A1 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	II
- ALL. A2 Indagini sulla comunità bentonica.....	VII
ALLEGATO B Schede granulometriche 2° survey post lavori (estate 2016)	X

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - ISMAR Ancona
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - ISMAR Ancona
Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia	A.M. De Biasi	CIBM Livorno
	G. Bontà Pittaluga	CIBM Livorno
	S. Dell'Ira	CIBM Livorno
	L. Kozinkova	CIBM Livorno
	M. Pertusati	CIBM Livorno
	S. Polese	CIBM Livorno
	O. Spinelli	CIBM Livorno
Comunità bentonica	G. Bruno	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	C. Cuicchi	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	L. Montagnini	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	P. Polidori	CNR - ISMAR Ancona
	E. Punzo	CNR - ISMAR Ancona
	V. Salvalaggio	CNR - ISMAR Ancona
	A. Santelli	CNR - ISMAR Ancona
	P. Strafella	CNR - ISMAR Ancona

Hanno inoltre collaborato allo svolgimento dei campionamenti in mare i Sigg.ri Giampaolo Gaetani e Antonio Marziali imbarcati sulla M/R Tecnopisca II del CNR-ISMAR UOS Ancona utilizzata per le indagini.

1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma Clara NW della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Calipso.

Clara NW è installata in Adriatico centrale, a circa 45 km in direzione Est dalla costa marchigiana, al largo di Ancona, su un fondale di circa 74-75 m, nella zona siltosa del largo. La condotta collegante le piattaforme Clara NW e Calipso si estende per circa 13 km in direzione ESE-WNW e ricade nella stessa fascia sedimentologica di Clara NW.

L'area in cui sono poste le strutture è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla mid-line, non è influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell'Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Tuttavia, in alcuni periodi dell'anno può essere soggetta a un maggiore idrodinamismo dovuto al passaggio sul fondo di acque dense formatesi nel Nord Adriatico durante la stagione invernale con caratteristiche chimico-fisiche differenti da quelle presenti in zona e che possono modificare le caratteristiche biogeochimiche e la distribuzione spaziale dei sedimenti. La parte più superficiale, vista l'ubicazione della piattaforma, può essere interessata da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti nella parte più superficiale della colonna d'acqua (10-20 m).

Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte e/o tuttora in corso dal CNR-ISMAR presso analoghe strutture situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2017a; 2017b; 2017c; 2017d), per quanto concerne il sea-line collegante Clara NW alla piattaforma Calipso si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti;
2. ecotossicologia dei sedimenti;
3. caratteristiche delle comunità bentoniche;
4. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*).

Il monitoraggio comprende le seguenti fasi (Tab. 1-I):

- a. Fase precedente alla posa in opera della condotta;

- b. Fase di installazione: in questa fase sono stati effettuati esclusivamente rilevamenti del passaggio di cetacei mediante operatori MMO.
- c. Fase di esercizio: le indagini verranno condotte per 3 anni dopo la fine dei lavori di installazione con cadenza stagionale (inverno ed estate). Al termine di tale periodo potrà essere valutata l'opportunità di proseguire ulteriormente con i controlli ambientali.
- d. Fase di fine esercizio:
 - 1. pre-smantellamento: in questa fase verrà effettuato un survey per caratterizzare la colonna d'acqua, per verificare lo stato dei sedimenti e per la caratterizzazione delle comunità bentoniche alla fine della fase di esercizio;
 - 2. post-smantellamento: si prevede un monitoraggio della durata di un anno che includerà le indagini sulla colonna d'acqua, sui sedimenti e sulla comunità bentonica. Per le indagini riguardanti la colonna d'acqua è previsto un solo survey, tutte le altre saranno condotte in inverno e in estate.

Per la fase a) (pre-survey) è stato previsto un monitoraggio semplificato rispetto a quelli successivi all'installazione a causa dell'assenza fisica della struttura.

Per quanto concerne la fase d), data la lunga durata della fase di esercizio di una condotta sottomarina, si precisa che le modalità di monitoraggio e le indagini sono state redatte sulla base delle esperienze maturate sino ad oggi, ma è verosimile che nel tempo gli approcci metodologici riguardanti sia la dismissione della condotta che le metodiche di monitoraggio ambientale si evolveranno. Pertanto il piano proposto potrebbe necessitare di modifiche sulla base delle nuove conoscenze acquisite.

Nel presente rapporto sono descritti i risultati conseguiti per il sea-line dal pre-survey alla fine del 1° anno della fase di esercizio (2016).

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale presso il sea-line Clara NW - Calipso.

Fase	Comparti d'indagine	Sealine
Ante operam	Sedimenti	1-2 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1-2 survey
	Comunità bentonica	1-2 survey
Cantiere	Rilevamento cetacei	*
Esercizio	Sedimenti	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni
	Comunità bentonica	3 anni
Pre smantellamento	Colonna d'acqua	1 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
Post smantellamento	Colonna acqua	1 survey
	Sedimenti	1 anno
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 anno
	Comunità bentonica	1 anno

* Monitoraggio in continuo da parte di operatori MMO (rif. DM punto A.7-a)

2. MATERIALI E METODI

La condotta collegante le piattaforme Clara NW e Calipso si estende per circa 13 km in direzione ESE-WNW (fig. 2.1). I lavori di installazione sono terminati nel marzo 2016.



Fig. 2.1 - Sea-line collegante le piattaforme Clara NW e Calipso.

2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Nel 2° semestre 2016 è stato condotto in estate il 2° survey post lavori di installazione. Come nell'inverno precedente i prelievi sono stati effettuati lungo due 2 transetti perpendicolari alla condotta stessa e quindi orientati in direzione NNE-SSW, posti rispettivamente alla distanza di 4,3 km e 8,6 km dalla piattaforma Clara NW (fig. 2.2).

Su ciascun transetto sono state posizionate 7 stazioni, di cui 1 nelle immediate vicinanze del sea-line, 3 a distanze crescenti da esso in direzione NNE e 3 a distanze crescenti verso SSW. Inoltre sono stati campionati 3 siti di controllo per ciascun transetto posti in modo random all'interno di aree (1000x1000 m) prive di strutture artificiali situate a circa 2000 m dalla condotta in direzione NNE. Le coordinate delle singole stazioni sono riportate in Tab. 2-I.

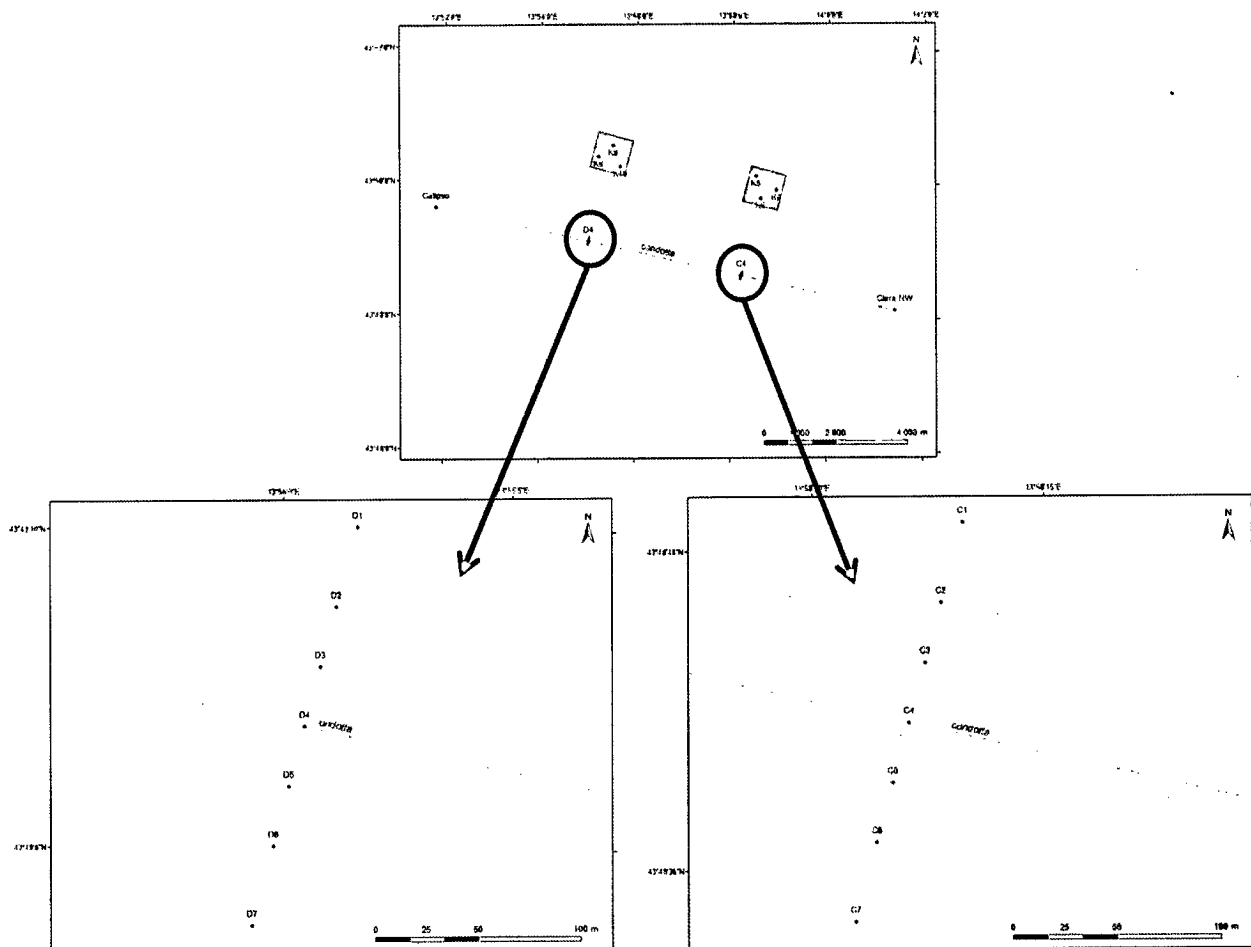


Fig. 2.2 - Schema di campionamento del sea-line per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica, con particolare dei due due transetti.

Tab. 2-I - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 2° survey post lavori per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti corrispondenti al sea-line.

	Distanza dal sea-line (m)	Posizione rispetto al sea-line	Coordinate geografiche	Profondità (m)
C1	100	NNE	43°48'651N 13°58'325E	75,1
C2	60	NNE	43°48'636N 13°58'329E	75,0
C3	30	NNE	43°48'623N 13°58'338E	75,2
C4	0	-	43°48'611N 13°58'291E	75,0
C5	30	SSW	43°48'607N 13°58'274E	74,9
C6	60	SSW	43°48'590N 13°58'274E	74,9
C7	100	SSW	43°48'560N 13°58'260E	75,1
K5	2000	NNE	43°50'029N 13°58'335E	74,9
K6	2000	NNE	43°49'958N 13°58'549E	74,9
K7	2000	NNE	43°49'879N 13°58'762E	74,7
D1	100	NNE	43°49'169N 13°55'121E	74,7
D2	60	NNE	43°49'144N 13°55'123E	74,7
D3	30	NNE	43°49'127N 13°55'118E	74,7
D4	0	-	43°49'110N 13°55'107E	74,8
D5	30	SSW	43°49'093N 13°55'118E	74,7
D6	60	SSW	43°49'075N 13°55'115E	74,7
D7	100	SSW	43°49'057N 13°55'112E	47,9
K8	2000	NNE	43°50'592N 13°55'242E	74,3
K9	2000	NNE	43°50'389N 13°55'390E	74,3
K10	2000	NNE	43°50'272N 13°55'453E	74,3

Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti - Tutte le stazioni sono state campionate mediante box-corer (fig. 2.4; All. A1-I).

In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

- aspetto macroscopico (colore, odore, eventuale presenza di frammenti di conchiglie, concrezioni, ecc.);
- tessitura;
- presenza di strutture sedimentarie di varia natura;

Da ciascun campione, dopo la descrizione degli aspetti sopra elencati, sono state prelevate porzioni di sedimento ripartite in due aliquote per le seguenti analisi:

- granulometria;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Idrocarburi totali;
- metalli pesanti: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco; sono stati ricercati anche manganese, magnesio, titanio, gallio, zirconio, stagno e zirconio come da esplicita richiesta da parte di ARPAM (nota del 11/09/2015 - Prot. 0030430)
- sostanza organica totale;
- Total Organic Carbon (TOC).

I campioni sono stati congelati e conservati a -18°C ad eccezione di quelli utilizzati per la granulometria, conservati a $+4^{\circ}\text{C}$.

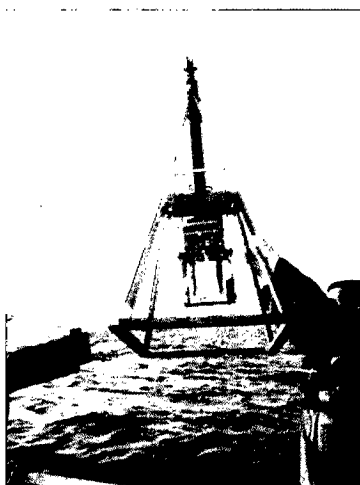


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

Indagini sulle comunità bentoniche - Tutte le stazioni sono state campionate mediante una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 12 l e un'apertura di $0,095\text{ m}^2$ (fig. 2.5;

All. A2-I). Presso ogni stazione sono state effettuate 6 repliche. I campioni sono stati lavati e setacciati con maglia da 0,5 mm (All. A2-II) e fissati in formaldeide diluita in acqua di mare al 5%.

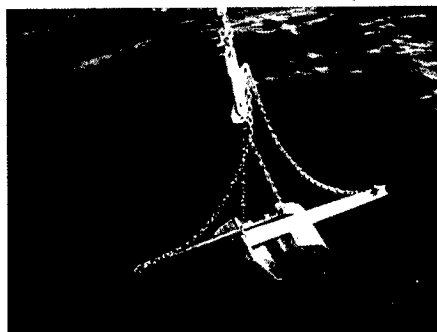


Fig. 2.5 – Benna Van Veen utilizzata per le indagini sulla comunità bentonica.

2.1.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

I prelievi sono stati effettuati tramite box-corer sui sedimenti di 3 stazioni di campionamento lungo ciascun transetto: 1 prossima al sealine (C4 e D4) e 2 poste a 60 m da esso in direzione NNE (C2 e D2) e SSW (C6 e D6). E' stato campionato anche 1 sito di controllo come riferimento per ogni transetto (K6 e K9).

L'eventuale tossicità dei sedimenti nei confronti degli organismi marini è stata valutata tramite l'applicazione della seguente batteria di saggi ecotossicologici:

- *Dunaliella tertiolecta* (accrescimento);
- *Vibrio fischeri* (variazione della bioluminescenza);
- *Corophium orientale* (mortalità a 10 gg);
- *Crassostrea gigas* (embriotossicità).

La ricerca di inquinanti è stata effettuata su esemplari di *Hediste diversicolor*; le prove di bioaccumulo hanno riguardato i seguenti metalli pesanti: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco.

Dal campione di sedimento è stata prelevata solo la porzione superficiale (5-10 cm) eliminando lo strato di fango venuto a contatto con le pareti della benna, al fine di evitare eventuali contaminazioni. Il materiale così ottenuto è stato posto in recipienti puliti e conservato a circa 5°C.

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Granulometria - In laboratorio i campioni di sedimento sono stati pesati tal quali per la

spettroscopia di assorbimento atomico in fornello di grafite (Varian SpectrAA-240Z. All. A1-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007b).

Le concentrazioni di **alluminio, bario, cromo, nichel, rame, silicio, ferro, vanadio, zinco, manganese, magnesio, titanio, gallio, zirconio, stagno e zirconio** sono state ottenute mediante tecnica ICP-AES (Varian ICP-720ES; All. A1-IX) seguendo la metodica EPA 6010C (2007c).

La mineralizzazione del campione di sedimento è stata effettuata su circa 0,45 g di sostanza secca mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 9 ml di HNO₃, 3 ml di HCl (acidi concentrati). Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua Millipore.

L'analisi per la determinazione dell'indio è stata effettuata tecnica ICP-MS (Agilent Mod. 7700; All. A1-X) previa mineralizzazione acida impiegando un sistema "Digiprep" specifico per l'introduzione di campioni nell'ICP MS. Sono stati utilizzati circa 0,5 g di sostanza secca, mineralizzati con 10 ml di Acido Nitrico e portati a un volume finale di 50 ml utilizzando acqua Millipore.

L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando i materiali standard di riferimento (LGC 6137 o MESS-3).

Tutti i parametri strumentali sono stati inoltre ottimizzati tramite una risposta tipica strumentale conforme a quella fornita dalla casa costruttrice.

Sostanza organica - La determinazione della sostanza organica è stata eseguita mediante calcinazione in muffola: sono stati prelevati circa 3 grammi di sostanza essiccata (in stufa per 48h a 40°C) che sono stati successivamente posti in muffola a 375°C fino a peso costante.

TOC - Il TOC è stato determinato seguendo il Metodo VII.3 - *Determinazione del carbonio organico* (metodo walkley-black, DM 13/09/1999 - Ministro per le Politiche Agricole). Il carbonio organico è stato ossidato ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico. La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione è stata interrotta per aggiunta di opportuna quantità di H₂O e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito è stata determinata per titolazione con una soluzione di ferro (II) solfato eptaidrato. Il punto finale della titolazione è stato accertato con l'aggiunta di un opportuno indicatore di ossidoriduzione.

2.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

2.2.2.1 *Dunaliella tertiolecta*

Il saggio di crescita algale con la cloroficea *Dunaliella tertiolecta* è stato eseguito secondo le indicazioni riportate nella linea guida ASTM E1218-04 (2004a). Il saggio consiste nell'esposizione di una quantità definita di clone algale in condizioni di crescita esponenziale a diverse diluizioni di campione (nella fattispecie elutriato) e al controllo negativo costituito da sola acqua marina artificiale. Prima dell'inoculo del clone algale, tutti i trattamenti, compreso il controllo, sono stati arricchiti con macro- e micronutrienti secondo le specifiche riportate in USEPA (1995).

Preparazione degli elutriati - L'elutriato è stato preparato secondo il metodo ICRAM (2001), utilizzando come acqua di lavorazione il medium preparato secondo le specifiche riportate nella norma UNI EN ISO 10253:2000 (2000).

Esecuzione del saggio - Il saggio con *D. tertiolecta* è stato condotto in triplicato, effettuando 5 diluizioni a partire dal campione tal quale; come supporto sono state utilizzate piastre sterili di polistirene da 24 pozzetti della capacità di 3 ml ciascuno. Parallelamente, per ogni piastra è stato eseguito anche un test con un controllo negativo costituito da acqua di diluizione (acqua di mare ISO a cui sono state aggiunte concentrazioni note di nutrienti). A ciascuna diluizione e al controllo è stata aggiunta una concentrazione nota di clone algale in rapporto di 1:1000. Una volta inoculato il clone algale (concentrazione iniziale 2×10^3 cellule ml^{-1}), le piastre sono state trasferite per 72 h in camera fitologica a condizioni di temperatura e luminosità controllate ($T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, luminosità < 10000 lux). Al termine dell'esposizione è stata verificata la crescita algale nel campione, espressa come densità algale, mediante lettura al Coulter Counter; si è proceduto quindi al conteggio delle tre repliche del campione tal quale e del controllo e al loro confronto statistico, per verificare eventuali aumenti o diminuzioni significative della crescita algale nel campione rispetto al controllo e procedere eventualmente alla lettura delle altre diluizioni.

Espressione e analisi dei dati - I risultati del saggio possono essere riportati come percentuale di inibizione della crescita algale e, qualora la tossicità del campione lo consenta, in termini di EC_{50} o EC_{20} . L' EC_{50} e l' EC_{20} si calcolano utilizzando il foglio Excel sviluppato dalla DTU (Danmarks Tekniske Universitet) denominato "KOK457T3" che utilizza i programmi statistici LOG457.EXE e LOG457W.EXE elaborati per la determinazione della relazione concentrazione-effetto in endpoint continui (Christensen *et al.*, 2009).

Sulla base dei risultati espressi in termini di inibizione/stimolazione della crescita e dell'analisi statistica del dato eco-tossicologico (eseguita secondo lo schema USEPA, 1991), i risultati del saggio possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

- *assenza di effetto*: percentuale di inibizione/stimolazione inferiore al 20% ed assenza di differenze significative;
- *presenza di significativo effetto eutrofizzante*: percentuale di biostimolazione > 20% e differenza significativa rispetto alla crescita nel controllo;
- *presenza di significativo effetto tossico*: inibizione della crescita > 20% e differenza significativa con il controllo.

QA/QC - La sensibilità di ogni clone algale impiegato per i test con i campioni di elutriato è stata verificata mediante il test di controllo positivo eseguito con bicromato di potassio il cui risultato, espresso come EC₅₀, è stato confrontato con i dati della carta di controllo del laboratorio il cui intervallo è compreso tra 5,8 e 9,9 mg/l come cromo; altri parametri che devono essere rispettati affinché il test sia considerato valido sono:

- la densità cellulare dopo 72 h deve aumentare di un fattore non inferiore a 16 rispetto al valore di partenza (2×10^3 cellule ml⁻¹);
- il coefficiente di variazione nei controlli e nel campione tal quale (CV%) ≤ 15%.

2.2.2.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

Preparazione dell'elutriato - Gli elutriati sono stati preparati dai sedimenti freschi secondo il protocollo indicato in ICRAM (2001).

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 h e centrifugate a temperatura di 10°C per 20' a 3000 rpm. Il sopranatante, che rappresenta l'elutriato, è stato prelevato con cautela e conservato a temperatura di -30°C. Prima dell'allestimento del test sono misurati il pH e la salinità dell'elutriato. La scala di tossicità adottata è riportata in Tab. 2-II.

Tab. 2-II - Scala di tossicità adottata per il saggio Microtox®.

Critério	Tossicità
EC20 ≥ 90%	Assente
EC20 < 90% e EC50 ≥ 90%	Bassa
20% ≤ EC50 < 90%	Media
EC50 < 20%	

2.2.2.3 *Corophium orientale*

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* è stato allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005(E) (2005). Il principio del saggio biologico “a breve termine” (di tossicità acuta) consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 10 gg al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

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

- temperatura dell'acqua: $16 \pm 2^\circ\text{C}$
- salinità: $36 \pm 2\text{‰}$
- illuminazione: continua
- O_2 disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento: $>60\%$.

Procedimento del saggio - Circa 200 cc di sedimento da testare sono stati introdotti in un barattolo di vetro da 1 l e sono stati aggiunti circa 750 cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche. Dopo 24 h sono stati immessi 25 individui in ciascun barattolo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. I barattoli contenenti gli organismi sono stati coperti per ridurre l'evaporazione dell'acqua, posti alla temperatura di $16 \pm 2^\circ\text{C}$ e areati in continuo. Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg l^{-1} CdCl_2 .

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH_4^+ e ossigeno disciolto.

Elaborazione 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 campioni da testare che nel sedimento di controllo sono state calcolate le percentuali medie (\pm deviazione standard) degli anfipodi morti. La percentuale di mortalità rilevata in ogni campione è stata confrontata con quella nel sedimento di controllo. Il livello di tossicità è stato valutato prendendo in

considerazione la percentuale di mortalità degli organismi osservata nei campioni da saggiare, corretta con la formula di Abbott (M). La scala adottata per la quantificazione della tossicità è riportata in Tab. 2-III.

Tab. 2-III – Scala di tossicità relativa al test con *C. orientale*.

Tossicità a lungo termine	Giudizio
M<15%	Assente
15%<M≤30%	Bassa
30<M≤60%	
M>60%	

2.2.2.4 *Crassostrea gigas*

Il test di embriotossicità con *C. gigas* è stato eseguito in accordo con la linea guida standard ASTM E724-98 (2004b). Il saggio si basa sulla stima della percentuale di larve normoformate (larve D-shape) al termine delle 48 h di esposizione alla matrice di saggio, in questa circostanza rappresentata dall'elutriato.

Preparazione degli elutriati - L'elutriato è stato preparato secondo il metodo ICRAM (2001), utilizzando come acqua di lavorazione il medium preparato secondo le specifiche riportate nella guida ASTM E724-98 (2004b).

Esecuzione del saggio - Il test di embriotossicità è stato eseguito esponendo zigoti di *C. gigas* fecondati da meno di 4 h a diverse diluizioni del campione di elutriato da saggiare. Come acqua di diluizione è stato utilizzato il medium ASTM a S = 34. Il saggio è stato condotto utilizzando delle piastre sterili in polistirene con 24 pozzetti da 3 ml come supporto, in cui sono stati inoculati 60-70 zigoti per ml. L'esposizione è stata quindi condotta in triplicato, in condizioni di temperatura controllata (20°C), al buio, per 48 h. Al termine del test, il contenuto di tutti i pozzetti è stato fissato con una goccia di formalina tamponata ed è stata determinata la percentuale di larve normoformate (larve D) impiegando un microscopio ottico invertito.

QA-QC - La sensibilità di ogni batch di *C. gigas* è stata valutata mediante l'esecuzione del test con sostanza di riferimento (Cu); i risultati di tale test devono rientrare nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5-33 µl/l). La percentuale di larve normalmente sviluppate nel controllo con la sola acqua di diluizione deve inoltre essere superiore al 70%.

Espressione e analisi dei dati - I risultati del saggio di embriotossicità possono essere espressi sia in termini di percentuale di successo del test normalizzata (S%) rispetto alla risposta del controllo (acqua marina artificiale), sia in termini di EC₅₀, qualora la

distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC₅₀ sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione $TU = 100 / EC_{50}$.

Al dato di tossicità è stato associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-I manganese, magnesio, titanio, gallio, zirconio, stagno e ossido di zirconio.

Tab. 2-IV - Scala di tossicità per il saggio di embriotossicità con *C. gigas* (da Losso *et al.*, 2007).

Parametro	Giudizio di Tossicità		
	S > TL	Assente	Semiscala dell'effetto
50 < S ≤ TL	Bassa		
1 ≤ TU < 2	Media	Semiscala delle T.U.	S ≤ 50
2 ≤ TU < 4			
TU ≥ 4			

Dove:

$$S = [(Sopravvisuti campione) / (Sopravvisuti controllo)] \cdot 100$$

$$TL = \text{Toxicity limit} = \text{Controllo} \cdot 90\% \text{ del controllo}$$

2.2.2.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

Procedimento del test - Il test di bioaccumulo è stato eseguito secondo i protocolli ASTM E1688-97a (1998; reapproved 2007) ed EPA/600//R-93/183 (1993).

Gli organismi non maturi di *Hediste diversicolor* (taglia 6-10 cm) sono stati campionati manualmente dalle porzioni di un sedimento estuario.

Dopo il trasporto in laboratorio, sono stati sottoposti a spurgo per 3 gg in sabbia quarzifera sommersa in acqua proveniente dal sito di campionamento, areata continuamente. La salinità dell'acqua sovrastante la sabbia quarzifera è stata gradualmente portata al 36±2‰, ovvero a un livello corrispondente alla salinità richiesta nel test.

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti ~300 cm³ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata (36±2‰). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e areati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di 16±2°C, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non

contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

Dopo 28 gg sono stati annotati i parametri finali del test e sono stati recuperati gli organismi dai singoli barattoli tramite setacciatura; gli individui vivi sono stati contati e reinseriti in barattoli contenenti sabbia quarzifera e acqua di mare filtrata. Dopo 3 gg i policheti spurgati sono stati recuperati e lavati in acqua distillata per 1 h per liberarli dal muco e dai residui della sabbia. Successivamente, sono stati congelati e sottoposti ad analisi chimica.

Elaborazioni dei dati - Per valutare l'eventuale bioaccumulo nei tessuti degli organismi è stata adottata la seguente formula:

$$D = (C_e - C_b)$$

dove:

D - variazione (riferita al bianco, ovvero alla quantità di metallo pesante presente nei tessuti degli organismi prima dell'inizio del test) della concentrazione dei metalli pesanti nei policheti a seguito dell'esposizione al sedimento da testare.

C_b - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi prima (bianco) della loro esposizione ai sedimenti testati;

C_e - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi dopo la loro esposizione ai sedimenti testati.

Si ritiene significativa al fine della valutazione del bioaccumulo una differenza $\geq 20\%$.

2.2.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Durante le analisi di laboratorio le sei repliche prelevate in ciascuna stazione sono state trattate separatamente. Il sorting è stato compiuto con l'ausilio di uno stereomicroscopio e di un microscopio ottico (All. A2-III e A2-IV) e l'identificazione degli organismi è stata effettuata al più basso livello sistematico possibile. Gli individui appartenenti allo stesso gruppo sono stati contati e pesati (All. A2-V). Per ogni stazione sono stati quindi calcolati i seguenti indici medi utilizzando i dati relativi alle 6 repliche:

Abbondanza (N): $N \text{ ind}/0,095 \text{ m}^2$

Biomassa (P): $gr/0,095 \text{ m}^2$

Indice di Dominanza (D; May, 1975): $D = n_i/N$

dove n_i = numero di individui della specie i -esima; N = numero totale di individui.

Ricchezza specifica totale (S; Pielou, 1974): *Numero totale di specie presenti nelle sei repliche*

Ricchezza specifica media (S_m): *Numero medio di specie presenti nelle sei repliche*

Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'): $H' = -\sum p_i \cdot \text{Log } p_i$

dove: p_i = frequenza numerica della specie i -esima rispetto al totale degli individui (Pielou, 1974).

Le affinità biocenotiche o le preferenze ecologiche (Pérès e Picard, 1964; Bellan Santini e Ledoyer, 1972; Amouroux, 1974; Bourcier *et al.*, 1979; Bellan *et al.*, 1980; Nodot *et al.*, 1984; Salen-Picard, 1985; Augier, 1992; Bianchi *et al.*, 1993; Poppe e Goto; 1991; 1993; Rinelli e Spanò, 1997; Chimenz Gusso *et al.*, 2001) sono state ricercate per tutti i taxa determinati a livello di specie.

Con i dati di densità delle singole specie censite ad ogni monitoraggio sono state calcolate le curve di dominanza cumulativa. Per ricercare eventuali somiglianze tra le stazioni campionate e analizzare l'evoluzione temporale delle comunità, con i dati di densità è stata effettuata un'analisi statistica multivariata (MDS) utilizzando il pacchetto software PRIMER (Clarke e Warwick, 2001).

Infine, per valutare lo stato ecologico dell'area, sono stati confrontati i risultati di tre differenti indici (l'indice W di Clarke, l'indice AMBI e l'indice BENTIX; Clarke e Warwick, 2001; Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), seguendo quanto suggerito da Teixeira *et al.* (2007). Tutti gli indici utilizzati per questo scopo sono stati applicati quasi esclusivamente in aree marine costiere. Tuttavia, sono già stati utilizzati nell'ambito offshore in diversi casi (Fabi *et al.*, 2013; 2015; 2016b; 2016c; 2016d; Spagnolo *et al.*, 2014) fornendo utili indicazioni sull'eventuale impatto causato dalle piattaforme estrattive offshore e relativi sea-line.

L'indice W prevede l'integrazione dei dati di abbondanza numerica e di biomassa delle singole specie. Tale metodo si basa sul presupposto che in aree stabili è favorita la presenza di specie con una "strategia di tipo k", con ciclo vitale lungo, grandi dimensioni corporee degli individui adulti, raramente dominanti numericamente, ma dominanti in termini di biomassa. Al contrario, nelle comunità disturbate, viene favorita la presenza di specie con "strategia di tipo r", dette anche opportuniste, caratterizzate da un ciclo vitale breve e piccola taglia corporea, che generalmente risultano dominanti numericamente (Pianka, 1970).

L'indice si basa sulla seguente formula:

$$\sum_i^S (B_i - A_i) / [50 (S-1)]$$

dove: B_i e A_i = biomassa e abbondanza della specie i -esima; S = Ricchezza specifica totale.

Questo indice oscilla da -1 a +1 e indica nel primo caso la presenza di una comunità fortemente disturbata e, nel secondo, la presenza di un ambiente non perturbato. Nel caso in cui il valore sia vicino allo 0, l'ambiente è da considerare moderatamente perturbato (Craeymeersch, 1991). Per ottenere una classificazione della qualità dell'ambiente si è deciso di utilizzare gli intervalli di valori dell'indice W riportati in Tab. 2-V.

Tab. 2-V - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice W .

Classificazione dell'ambiente	W
Non disturbato	$1,000 \geq W \geq 0,700$
	$0,699 \geq W \geq 0,300$
Moderatamente disturbato	$0,299 \geq W \geq -0,100$
Povero	$-0,101 \geq W \geq -0,500$
	$-0,501 \geq W \geq -1,000$

L'indice AMBI assume valori compresi tra 0 (ambiente non inquinato o disturbato) a 7 (ambiente estremamente inquinato o disturbato).

Basandosi essenzialmente sul rapporto percentuale delle specie presenti nel campione, previamente suddivise in 5 gruppi ecologici in base al grado di tolleranza o sensibilità a un gradiente di stress ambientale, consente di classificare, come richiesto dalla Direttiva 2000/60/EC, gli ambienti marini costieri nelle seguenti categorie:

1. non disturbati ($0 \leq \text{AMBI} \leq 1$);
2. leggermente disturbati ($1 \leq \text{AMBI} \leq 3,5$);
3. moderatamente disturbati ($3,5 \leq \text{AMBI} \leq 5$);
4. molto disturbati ($5 \leq \text{AMBI} \leq 6$);
5. estremamente disturbati ($6 \leq \text{AMBI} \leq 7$).

I gruppi ecologici nei quali vengono raggruppate le specie (il cui elenco disponibile nel software AMBI 5.0 è aggiornato a marzo 2012) sono identificati soprattutto in base alla loro sensibilità ad arricchimenti organici:

- gruppo I: Specie molto sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali. Tale gruppo include i carnivori specialisti e alcuni policheti tubicoli detritivori.
- gruppo II: Specie indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo. Esse includono sospensivori,

alcuni carnivori poco selettivi e scavatori.

gruppo III: Specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti. Queste specie possono essere presenti in condizioni normali, ma le loro popolazioni sono stimolate da un aumento di sostanza organica. Si tratta prevalentemente di detritivori superficiali.

gruppo IV: Specie opportuniste di secondo ordine; principalmente piccoli policheti detritivori sub-superficiali, come i cirratulidi.

gruppo V: Specie opportuniste di primo ordine; sono detritivori che proliferano in sedimenti poco ossigenati e ridotti.

Gli intervalli di valori dell'indice AMBI e la conseguente classificazione della qualità dell'ambiente sono riportati in Tab. 2-VI.

Infine, l'indice BENTIX è stato sviluppato per stabilire gli impatti causati da fattori di stress generalizzati e non discrimina tra disturbo di origine naturale o antropogenica.

Questo indice si basa sulla suddivisione dei taxa di fondo mobile (per i quali è fornita una lista) in 2 principali gruppi ecologici:

1. gruppo 1 (GS): include specie sensibili a un disturbo in generale;
2. gruppo 2 (GT): include specie tolleranti a un disturbo o a uno stress.

Una volta composti i due gruppi sopra citati, viene applicato il seguente algoritmo:

$$\text{BENTIX} = (6 \times \% \text{GS} + 2 \times \% \text{GT})/100$$

dove: %G = percentuale della somma delle densità di ciascun gruppo sulla densità totale registrata nella stazione di campionamento.

Tab. 2-VI - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice AMBI (Borja *et al.*, 2000).

Environmental Classification	AMBI
Ambiente non inquinato	$0,0 < \text{AMBI} \leq 1,2$
Ambiente leggermente inquinato, di transizione	$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$
Ambiente moderatamente inquinato	$3,3 < \text{AMBI} \leq 5,0$
Ambiente fortemente inquinato	$5,0 < \text{AMBI} \leq 6,0$
Ambiente estremamente inquinato	Azoico

Sulla base dei risultati ottenuti, per ogni sito di campionamento è stato possibile stilare una classifica della qualità dell'ambiente secondo i criteri riportati in Tab. 2-VII. In Tab. 2-VIII è infine riportata la classificazione dello stato ecologico dell'ambiente indicata in Bettencourt *et al.* (2004) sulla base della combinazione di tre differenti indici.

Tab. 2-VII - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice BENTIX (Zenetos *et al.*, 2004).

Environmental Classification	BENTIX
Ambiente non inquinato	$4,5 \leq \text{BENTIX} < 6$
Ambiente leggermente inquinato. di transizione	$3,5 \leq \text{BENTIX} < 4,5$
Ambiente moderatamente inquinato	$2,5 \leq \text{BENTIX} < 3,5$
Ambiente fortemente inquinato	$2 \leq \text{BENTIX} < 2,5$
Ambiente estremamente inquinato	Azoico

Tab. 2-VIII - Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione di tre differenti indici (Bettencourt *et al.*, 2004).

Indice n. 1	Indice n. 2	Indice n. 3	Stato ecologico
non disturbato	non disturbato	non disturbato	alto
non disturbato	non disturbato	leggermente disturbato	alto/buono
non disturbato	leggermente disturbato	leggermente disturbato	buono
leggermente disturbato	leggermente disturbato	leggermente disturbato	buono
leggermente disturbato	leggermente disturbato	moderatamente disturbato	buono/moderato
leggermente disturbato	moderatamente disturbato	moderatamente disturbato	moderato
moderatamente disturbato	moderatamente disturbato	moderatamente disturbato	moderato
moderatamente disturbato	moderatamente disturbato	fortemente disturbato	moderato/povero
moderatamente disturbato	fortemente disturbato	fortemente disturbato	povero
fortemente disturbato	fortemente disturbato	fortemente disturbato	povero
estremamente disturbato	fortemente disturbato	fortemente disturbato	povero/pessimo
estremamente disturbato	estremamente disturbato	fortemente disturbato	pessimo
estremamente disturbato	estremamente disturbato	estremamente disturbato	pessimo

3. RISULTATI

3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.1.1. GRANULOMETRIA

All'analisi visiva tutti i sedimenti campionati nell'estate 2016 hanno presentato scarse differenze tra loro, essendo costituiti in prevalenza dalla frazione pelitica e caratterizzati da un colore nocciola-grigio (fig. 3.1).



Fig. 3.1 - Campioni di sedimento prelevati dai siti C4 e K5 (in alto) e da D4 e K10 (in basso) nell'estate 2016.

Dall'analisi granulometrica condotta durante il pre-survey era emerso che tutti i sedimenti erano costituiti in prevalenza da silt e tutti erano stati classificati come silt argilloso

secondo la classificazione di Sheppard. Il silt oscillava tra 49,8% (D4) e 51,5% (C4; Tab. 3-1; fig. 3.2), mentre l'argilla rappresentava in tutti i casi oltre il 30% del campione. Infine, la frazione sabbiosa, la meno cospicua, variava tra il 13,8% (C4) e 15,5% (D4).

Durante il primo monitoraggio post lavori (inverno 2016) il sedimento era costituito da pelite con una percentuale di sabbia maggiore del 10% unicamente nei controlli K7 e K8.

Rispetto al pre-survey era stato evidenziato decremento della sabbia sia in corrispondenza della condotta (C4, D4), sia nei controlli K6 e K9. In questi ultimi era stata rilevata anche una riduzione di argilla non osservata in C4 e D4 dove, invece, questa componente era aumentata (maggiormente in C4) analogamente al silt.

Nell'estate 2016 la frazione sabbiosa si è ridotta ma il decremento più cospicuo ha riguardato l'argilla a vantaggio del silt. Questo trend non è stato osservato nei controlli K6 e K7 in cui è aumentata l'argilla a scapito del silt.

Nel complesso i sedimenti sono stati classificati come silt argillosi, tranne C2, D4 e K10 classificati come silt.

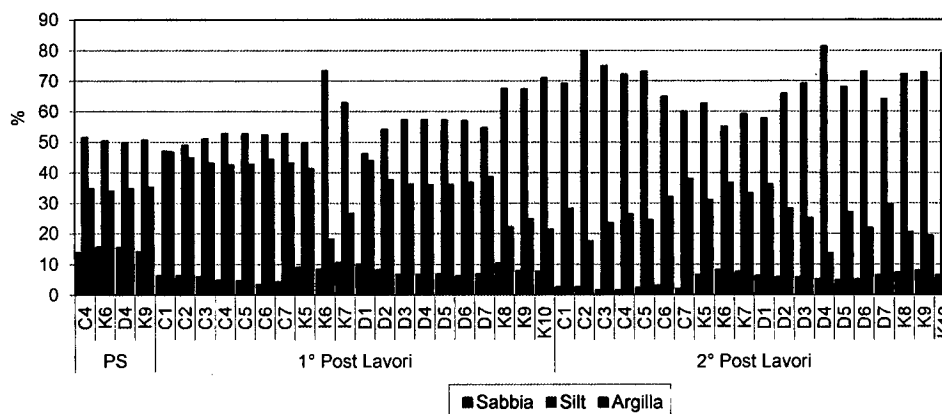


Fig. 3.2 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'intero periodo.

Tab. 3-I - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nei tre survey sinora effettuati. Le stazioni di campionamento poste in corrispondenza della condotta sottomarina sono evidenziate in rosso.

	Pre-Survey			1° Post Lavori			2° Post Lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla
C1				6,22	46,96	46,82	2,59	69,15	28,26
C2				6,36	48,90	44,74	2,58	79,85	17,57
C3				5,91	51,00	43,09	1,52	74,88	23,60
C4	13,8	51,5	34,7	4,80	52,72	42,48	1,60	72,00	26,40
C5				4,60	52,68	42,72	2,37	73,11	24,52
C6				3,36	52,31	44,33	3,13	64,80	32,06
C7				4,31	52,72	42,97	2,09	59,92	37,99
K5				9,09	49,58	41,33	6,44	62,53	31,02
K6	15,7	50,4	33,9	8,43	73,32	18,25	8,20	55,04	36,76
K7				10,55	62,78	26,67	7,59	59,17	33,25
D1				9,95	46,16	43,89	6,19	57,64	36,17
D2				8,25	54,14	37,61	5,86	65,78	28,36
D3				6,66	57,23	36,10	5,72	69,13	25,15
D4	15,5	49,8	34,7	6,72	57,30	35,98	5,08	81,30	13,62
D5				6,78	57,12	36,10	4,96	68,00	27,04
D6				6,22	56,92	36,86	5,08	73,02	21,90
D7				6,73	54,63	38,63	6,35	63,92	29,73
K8				10,30	67,45	22,25	7,21	72,19	20,60
K9	14,1	50,7	35,2	7,84	67,35	24,81	7,92	72,73	19,35
K10				7,63	70,94	21,43	6,35	79,03	14,63

3.1.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Durante il pre survey molti dei composti ricercati erano risultati presenti in tutti (Antracene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Fenantrene, Fluorantene, Indeno(2,3-c,d)pirene, Pirene) o quasi tutti i siti (Benzo(a)pirene, Naftalene), seppure in concentrazioni molto modeste e inferiori ai rispettivi LCB indicati da ICRAM-APAT (2007; Tab. 3-II). Il Fluorene era stato rilevato unicamente nei siti di controllo. Gli altri IPA erano risultati al di sotto del limite di quantificazione ovunque.

Essendo le concentrazioni dei singoli composti basse, anche gli IPA totali erano risultati scarsamente presenti (fig. 3.3). Il tenore maggiore era stato rilevato C4 (73,5 µg/kg), ma anche in questo caso si trattava di una concentrazione molto modesta.

Nell'inverno 2016, ossia dopo la posa della condotta, questi composti non erano stati rilevati. Nell'estate seguente invece, la maggior parte dei composti è risultata presente ovunque. Fanno eccezione Indeno (1,2,3-c,d)pirene e Crisene rinvenuti in 16 e 15 stazioni, Benzo(g,h,i)perilene rilevato in 12, Dibenzo(a,h)antracene in 14 e Pirene in 13. Il Naftalene è stato rilevato unicamente in 4 stazioni. I tenori sono comunque molto bassi e notevolmente inferiori a quelli del pre-survey.

Tab. 3-II - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. Le stazioni poste in corrispondenza della condotta sono evidenziate in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB i valori chimici cautelativi per le sostanze pericolose prioritarie indicati da ICRAM-APAT (2007).

LCB/PP	Pre-survey										1° survey post lavori													
	C4	K6	D4	K9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Acenafte					< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Acenafte					< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Antracene	4,4	7,8	3,6	7,8	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (a) antracene	2,1	1,4	1,5	1,3	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (a) pirene	1,8	1,3		1,5	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (b) fluorantene	12,6	12,2	9,8	9,7	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (g, h, i) perilene	8,9	7,7	6,6	6,5	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (k) fluorantene	12,3	12,4	6,6	9,3	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Crisene	3,4	3,2	2,8	2,5	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Dibenzo(a, h)antracene					< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fenantrene	3,4	2,3	3,3	3,1	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fluorantene	4	3,7	3,6	4,6	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fluorene	2,1	1,1		1,3	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Indeno(1,2,3 - c, d) pirene	7,0	12,3	10,1	9,2	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Naftalene	3,5	3,7		2,3	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Pirene	1,53	4,6	4,3	3,8	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
IPA Totali	900	73,5	67,4	53,1	62,4																			

LCB/PP	2° survey post lavori																							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10				
Acenafte	7	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Acenafte		0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5
Antracene	47	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Benzo (a) antracene	75	0,8	0,5	0,6	0,5	0,6	0,9	0,7	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6
Benzo (a) pirene	80	1,8	1,1	1,1	1,2	1,5	1,9	1,5	1,0	1,2	1,3	1,2	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,4	1,2	0,9	1,4	1,4	1,4	1,4
Benzo (b) fluorantene	40	3,0	1,1	0,6	1,3	2,5	3,6	1,0	0,5	0,9	2,1	1,1	0,4	0,4	0,6	0,4	0,7	2,0	1,1	0,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Benzo (g, h, i) perilene	55	1,6	0,5	<0,2	0,5	1,3	1,8	0,6	< lq	0,5	0,8	0,6	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	1,0	0,7	< lq	1,2	1,2	1,2	1,2
Benzo (k) fluorantene	20	3,2	1,3	0,7	1,4	2,7	3,8	1,0	0,6	0,9	2,3	1,0	0,6	0,7	0,5	0,9	2,2	0,9	0,5	1,2	1,2	1,2	1,2	
Crisene	108	1,7	0,5	0,3	0,6	0,9	1,8	0,8	0,3	0,6	0,9	0,9	< lq	< lq	< lq	< lq	0,9	0,6	< lq	1,0	1,0	1,0	1,0	
Dibenzo (a, h) antracene	6	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	< lq	0,3	0,3	0,3	< lq	< lq	< lq	< lq	0,2	0,3	< lq	0,4	0,4	0,4	0,4	
Fenantrene	87	1,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,5	0,8	0,8	1,0	0,9	1,0	0,5	0,4	0,7	0,5	1,0	0,8	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	
Fluorantene	113	2,0	1,3	1,2	1,2	1,4	2,2	1,6	1,1	1,3	1,5	1,6	1,0	0,9	1,1	0,9	1,2	1,3	1,3	0,9	1,6	1,6	1,6	
Fluorene	21	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	2,3	0,8	0,3	0,9	2,1	2,6	0,9	0,2	0,8	1,3	0,9	< lq	< lq	< lq	0,3	1,5	1,1	< lq	1,7	1,7	1,7	1,7	
Naftalene	35	0,2	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	1,4	1,4	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	
Pirene	153	1,0	0,3	< lq	0,3	0,5	1,3	0,7	< lq	0,4	0,6	0,6	< lq	< lq	< lq	0,3	0,6	0,4	< lq	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
IPA Totali	900	21,7	10,1	7,6	10,6	17,1	23,7	11,8	8,6	11,9	14,4	11,7	5,6	5,3	7,6	8,5	14,8	10,6	5,5	14,4	14,4	14,4	14,4	

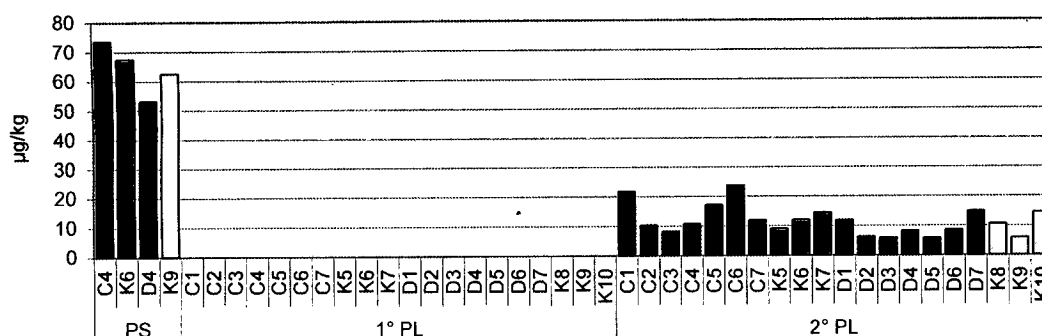


Fig. 3.3 - Concentrazioni (µg/kg s.s.) di IPA nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. C4 e D4 = siti posti sul sea-line.

3.1.3. IDROCARBURI TOTALI

Gli idrocarburi leggeri (C<12) non sono stati rilevati né prima né dopo la posa della condotta. Gli idrocarburi pesanti (C>12) sono stati rilevati unicamente nel sito D4 (4,1 mg/kg) durante il pre-survey.

3.1.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'intero periodo di indagine sono riportati in Tab. 3-III e in fig. 3.4. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai Livelli Chimici di Riferimento Nazionali (di seguito LCNR) indicati nel DM 173 2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità (SQA) riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale (50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

L'area in studio è caratterizzata da modesti valori di tutti i metalli ricercati. Come sottolineato durante il pre-survey, anche le eventuali differenze osservate tra un sito e l'altro, comunque di seguito descritte, sono da considerare del tutto trascurabili.

Alluminio - Nel pre-survey l'alluminio era risultato leggermente più abbondante in C4 e D4 con il massimo (2,81%) nel primo sito. Nell'inverno 2016 le variazioni sono apparse modeste, anche il picco rilevato in C5 (3,55%), simile a quello registrato in C1 nell'estate successiva (3,43%). Nell'ultimo survey, a parte le concentrazioni in C1, C4 e D7 lievemente superiori ai controlli, comunque molto basse, i tenori del metallo sono risultati del tutto in linea tra i vari gruppi di siti.

Arsenico - Questo metallo era risultato trascurabilmente inferiore nell'area destinata ad

accogliere la condotta rispetto ai controlli. Nell'inverno 2016 è avvenuto un incremento e in diversi siti sia lungo i transetti che di controllo è stato superato l'LCNR. Nell'estate successiva molti tenori si sono abbassati. Lungo C le concentrazioni sono risultate quasi tutte superiori ai rispettivi controlli ma solo in C3, C5 e C6, quest'ultimo caratterizzato dal picco stagionale (23,12 mg/kg), è stato superato l'LCNR. D è apparso più uniforme e comparabile ai siti K8-K10.

Bario – Durante il pre-survey erano state rilevate concentrazioni maggiori in C4 e D4 rispetto ai riferimenti. Dopo la posa è avvenuto un incremento generalizzato con concentrazioni, seppur modeste, superiori lungo i transetti. In estate le variazioni non sono state univoche, ma alcuni tenori lungo C e il transetto D hanno continuato a essere superiori rispetto a quelli dei controlli corrispondenti.

Cadmio – Anche il cadmio nel pre-survey era risultato trascurabilmente più concentrato in C4 e D4 rispetto ai riferimenti. Nell'inverno 2016 le concentrazioni sono apparse molto omogenee tra loro e nell'estate seguente il metallo si è abbassato ovunque. Lungo C i tenori sono apparsi comparabili o inferiori (siti C6 e C7) a quelli dei controlli. Lungo D, invece, sono apparsi superiori ai rispettivi riferimenti eccetto in D7 risultato perfettamente in linea. Comunque, in tutto il periodo le concentrazioni sono risultate notevolmente inferiori all'LCNR.

Cromo – Nel pre-survey il cromo aveva presentato la stessa distribuzione dei metalli precedentemente descritti e concentrazioni superiori all'LCNR, come in tutto il periodo di indagine successivo. Nel 1° post lavori i tenori lungo C sono risultati quasi tutti superiori ai controlli con un picco in C5 (86,07 mg/kg); lungo D, invece, la maggior parte delle concentrazioni era comparabile a quelle di K8-K10. Nel 2° post lavori si è osservata una maggiore uniformità tra transetti e riferimenti. Il massimo è stato registrato in C2 (87,02 mg/kg), valore molto simile a D7 (85,45 mg/kg).

Rame – Durante il pre survey anche il rame era risultato trascurabilmente più concentrato nell'area della futura condotta rispetto ai controlli, soprattutto in C4. Questa situazione è rimasta simile anche nel 1° post lavori lungo C nel tratto C4-C7 e lungo D in D5. Nell'estate 2016 le concentrazioni sono diventate tutte più omogenee. In tutto il periodo i tenori sono risultati abbondantemente inferiori all'LCNR.

Ferro – Nel pre-survey la maggiore percentuale di ferro era stata rilevata in C4 (2,82%). Anche quella in D4 era risultata trascurabilmente maggiore rispetto a K9. Dopo la posa della condotta questo metallo ha presentato il medesimo trend descritto per il rame. Le percentuali sono sempre state così basse che le differenze tra i siti sono davvero irrisorie.

Tab. 3-III - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS), e nei primi due monitoraggi post lavori (PL). In rosso le stazioni corrispondenti alla condotta sottomarina. Iq = limite di quantificazione.

	Alluminio			Arsenico			Bario			Cadmio			Cromo			Rame			Ferro			Gallio		
	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL
C1		3,10	2,76		14,36	10,53		76,10	59,12		0,07	0,062		73,83	73,78		16,80	16,12		2,55	2,54		10,23	7,59
C2		2,85	3,43		14,43	11,93		65,99	78,32		0,07	0,061		67,18	87,02		15,94	17,32		2,48	2,89		4,74	10,58
C3		2,57	2,84		16,02	14,61		59,33	58,90		0,07	0,058		67,22	77,61		16,24	17,25		2,44	2,71		2,76	13,15
C4	2,81	2,86	3,25	9,64	14,84	8,73	59,16	64,35	70,14	0,10	0,08	0,063	79,16	73,55	83,36	16,61	18,92	16,96	2,82	2,68	2,76	7,02	1,82	9,38
C5		3,55	2,64		15,44	14,66		81,29	54,92		0,07	0,056		86,07	71,90		20,62	15,20		3,19	2,42		7,41	6,50
C6		2,61	2,82		16,37	23,12		59,29	59,97		0,07	0,047		69,36	73,53		19,02	15,35		2,76	2,50		7,30	8,76
C7		2,35	2,59		14,44	10,64		52,55	54,32		0,08	0,046		62,14	72,92		17,68	16,36		2,46	2,48		2,92	7,18
K5		2,49	2,55		11,39	9,87		55,37	51,27		0,08	0,052		62,62	69,58		15,47	14,27		2,39	2,35		8,87	8,95
K6	2,26	1,92	2,58	10,33	16,66	10,83	46,38	41,90	52,86	0,07	0,07	0,059	63,32	56,88	70,37	13,34	15,34	15,60	2,27	2,25	2,43	6,17	7,01	10,57
K7		2,07	2,44		13,76	9,20		44,89	49,32		0,07	0,060		60,88	66,60		14,90	13,68		2,22	2,28		5,54	8,78
D1		2,33	2,20		11,24	10,79		62,24	55,87		0,07	0,064		61,85	64,05		15,00	14,14		2,24	2,27		5,86	8,25
D2		2,08	2,18		10,41	10,88		60,33	56,06		0,08	0,056		55,33	65,38		14,17	13,93		2,20	2,25		5,90	8,83
D3		2,62	1,89		12,11	8,77		78,38	49,50		0,07	0,056		65,29	60,27		16,18	13,61		2,49	2,09		5,67	7,47
D4	2,36	2,51	2,41	8,89	12,82	8,57	67,06	76,14	59,46	0,08	0,08	0,059	66,76	63,43	65,41	13,49	16,42	13,87	2,35	2,39	2,25	6,46	5,98	7,46
D5		2,85	2,29		14,56	10,22		82,00	61,10		0,08	0,054		72,55	63,77		17,59	13,79		2,67	2,20		9,55	10,86
D6		2,05	2,33		14,32	10,08		63,47	58,65		0,07	0,054		54,56	66,17		14,79	14,10		2,19	2,17		2,32	6,30
D7		2,42	2,95		9,99	7,41		71,26	74,33		0,08	0,045		60,81	85,45		15,34	15,89		2,32	2,52		9,50	9,01
K8		2,17	2,11		12,51	7,82		49,55	42,08		0,07	0,042		56,24	61,50		14,21	13,30		2,23	2,16		4,68	8,12
K9	2,22	2,72	2,43	9,99	10,34	9,39	46,28	63,63	51,45	0,07	0,08	0,045	62,42	63,78	68,68	12,86	14,73	14,18	2,23	2,33	2,39	6,59	4,00	9,48
K10		2,42	2,22		14,11	8,06		54,05	44,52		0,08	0,048		63,52	61,75		15,71	12,24		2,37	2,14		5,88	4,82

Tab. 3-III - Continuo.

	Indio			Magnesio			Manganese			Mercurio			Nichel			Piombo			Silicio			Stagno		
	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	
C1	0,03	< lq	1,64	1,69	979,9	906,2	0,039	0,042	55,64	59,44	15,16	18,29	214,68	25,41	3,05	2,36								
C2	0,03	< lq	1,55	1,91	812,5	1060,3	0,039	0,043	51,62	64,59	15,90	16,91	164,93	11,54	< lq	1,35								
C3	0,03	< lq	1,56	1,82	936,6	1087,0	0,038	0,048	54,20	63,26	15,17	17,15	125,93	30,97	1,51	2,44								
C4	< lq	0,03	1,64	1,85	1318,5	1188,3	0,042	0,042	65,05	64,52	13,11	16,77	10,96	42,39	< lq	1,66								
C5	0,03	< lq	1,90	1,68	1192,0	1045,5	0,042	0,041	67,82	60,27	15,59	19,09	161,07	7,69	2,94	1,22								
C6	0,03	< lq	1,66	1,70	1220,1	804,7	0,041	0,045	60,10	57,48	16,45	19,20	145,83	19,79	< lq	4,34								
C7	0,03	< lq	1,56	1,69	1021,8	812,3	0,043	0,041	52,74	60,86	14,15	16,29	187,14	2,53	1,55	1,20								
K5	0,03	< lq	1,61	1,76	848,6	974,1	0,045	0,037	50,66	54,43	16,48	14,37	125,91	57,74	< lq	3,82								
K6	< lq	0,03	1,86	1,84	889,8	1057,1	0,035	0,037	50,40	57,79	11,39	13,42	125,00	94,50	< lq	5,07								
K7	0,03	< lq	1,56	1,75	873,0	870,3	0,035	0,036	48,58	54,67	15,47	13,86	109,78	33,24	< lq	< 1,20								
D1	0,03	< lq	1,59	1,72	885,1	752,6	0,037	0,039	48,41	52,53	12,29	19,87	164,49	79,32	< lq	2,23								
D2	0,03	< lq	1,56	1,69	738,6	747,9	0,041	0,040	45,91	52,72	12,69	15,23	140,96	30,61	1,25	< 1,20								
D3	0,03	< lq	1,70	1,59	978,3	888,3	0,036	0,039	49,58	50,93	15,79	15,87	182,22	19,98	< lq	4,50								
D4	< lq	0,03	1,63	1,68	833,8	868,3	0,037	0,039	51,53	49,62	12,01	16,62	5,43	52,62	1,96	3,41								
D5	0,03	< lq	1,77	1,65	982,7	741,6	0,044	0,042	55,69	50,92	17,08	16,61	135,72	73,67	< lq	< lq								
D6	0,03	< lq	1,53	1,68	871,9	882,5	0,044	0,042	55,64	59,44	15,16	18,29	214,68	25,41	3,05	2,36								
D7	0,02	< lq	1,58	1,83	802,9	919,7	0,038	0,043	51,62	64,59	15,90	16,91	164,93	11,54	< lq	1,35								
K8	0,03	< lq	1,57	1,62	908,3	643,4	0,031	0,048	54,20	63,26	15,17	17,15	125,93	30,97	1,51	2,44								
K9	< lq	0,03	1,59	1,76	745,1	953,5	0,035	0,031	65,05	64,52	13,11	16,77	10,96	42,39	2,61	1,66								
K10	0,03	< lq	1,62	1,61	1013,4	711,3	0,034	0,041	67,82	60,27	15,59	19,09	161,07	7,69	2,94	1,22								

Tab. 3-III - Continuo.

	Titanio			Vanadio			Zinco			Zirconio			OSSIDO di Zirconio			
	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS	1° PL	PS
C1		420,64	263,01		73,86	63,65		70,82	76,11		8,23	7,37		11,11	9,96	
C2		340,45	393,80		69,44	78,17		68,59	86,00		7,72	8,45		10,42	11,41	
C3		222,77	237,33		63,98	66,71		68,67	81,45		7,17	7,06		9,67	9,53	
C4	132,78	275,64	330,24	68,09	70,06	72,63	83,74	75,50	84,10	5,25	7,63	8,36	7,10	10,31	11,29	
C5		358,40	226,54		84,86	61,38		89,71	73,41		9,26	6,47		12,50	8,74	
C6		174,57	295,52		67,46	63,72		79,81	75,25		7,57	6,80		10,22	9,18	
C7		190,17	197,01		60,95	60,43		69,82	75,69		7,05	6,47		9,52	8,73	
K5		283,71	295,47		63,25	59,66		67,18	68,88		7,09	6,49		9,57	8,76	
K6	158,51	117,22	300,82	55,76	51,94	61,75	65,17	64,45	72,60	4,36	5,99	6,90	5,88	8,08	9,31	
K7		170,19	265,80		53,59	57,80		63,45	68,24		6,57	6,66		8,87	8,99	
D1		308,45	242,10		58,92	53,93		62,65	68,20		6,58	5,79		8,89	7,81	
D2		195,90	223,62		53,08	52,20		62,80	68,79		5,94	5,54		8,02	7,48	
D3		393,27	138,20		65,09	46,30		70,00	64,36		7,68	5,27		10,36	7,12	
D4	182,57	315,43	304,78	56,78	61,65	56,01	68,65	67,24	67,67	4,57	6,88	5,95	6,17	9,29	8,03	
D5		389,13	262,16		69,94	53,81		75,16	65,83		8,09	5,60		10,92	7,56	
D6		201,00	193,57		52,86	55,34		62,26	70,11		6,18	5,59		8,35	7,54	
D7		305,96	396,91		59,40	66,51		65,20	75,82		6,98	6,92		9,43	9,34	
K8		251,42	193,93		56,86	52,09		62,49	65,48		6,28	5,91		8,48	7,97	
K9	192,33	420,36	273,01	53,92	65,88	58,08	64,93	64,23	72,75	4,75	6,77	6,56	6,42	9,14	8,86	
K10		264,17	270,38		60,07	53,01		67,80	63,99		6,89	5,88		9,30	7,93	

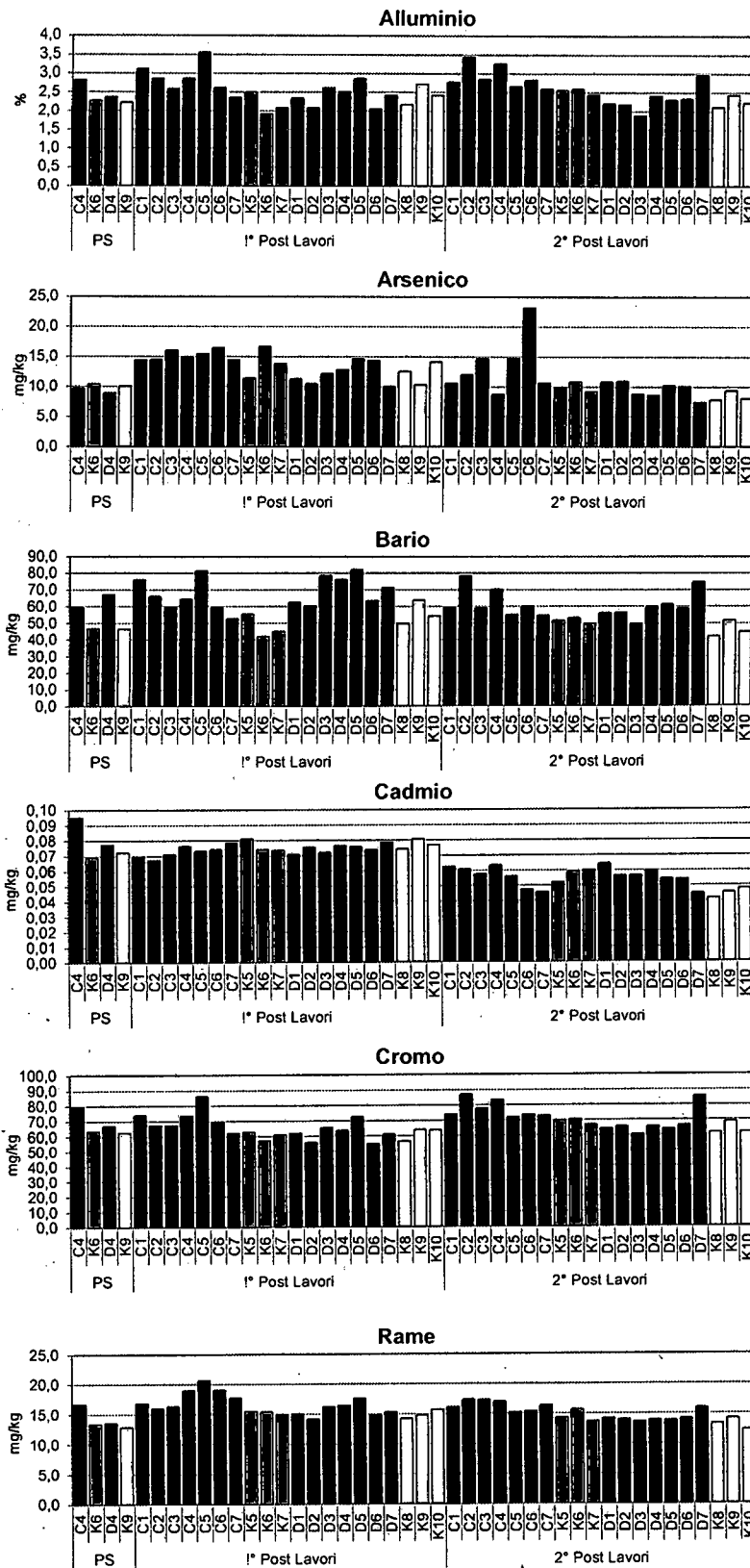


Fig. 3.4 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nell'intero periodo. C4 e D4 = stazioni corrispondenti al sea-line.

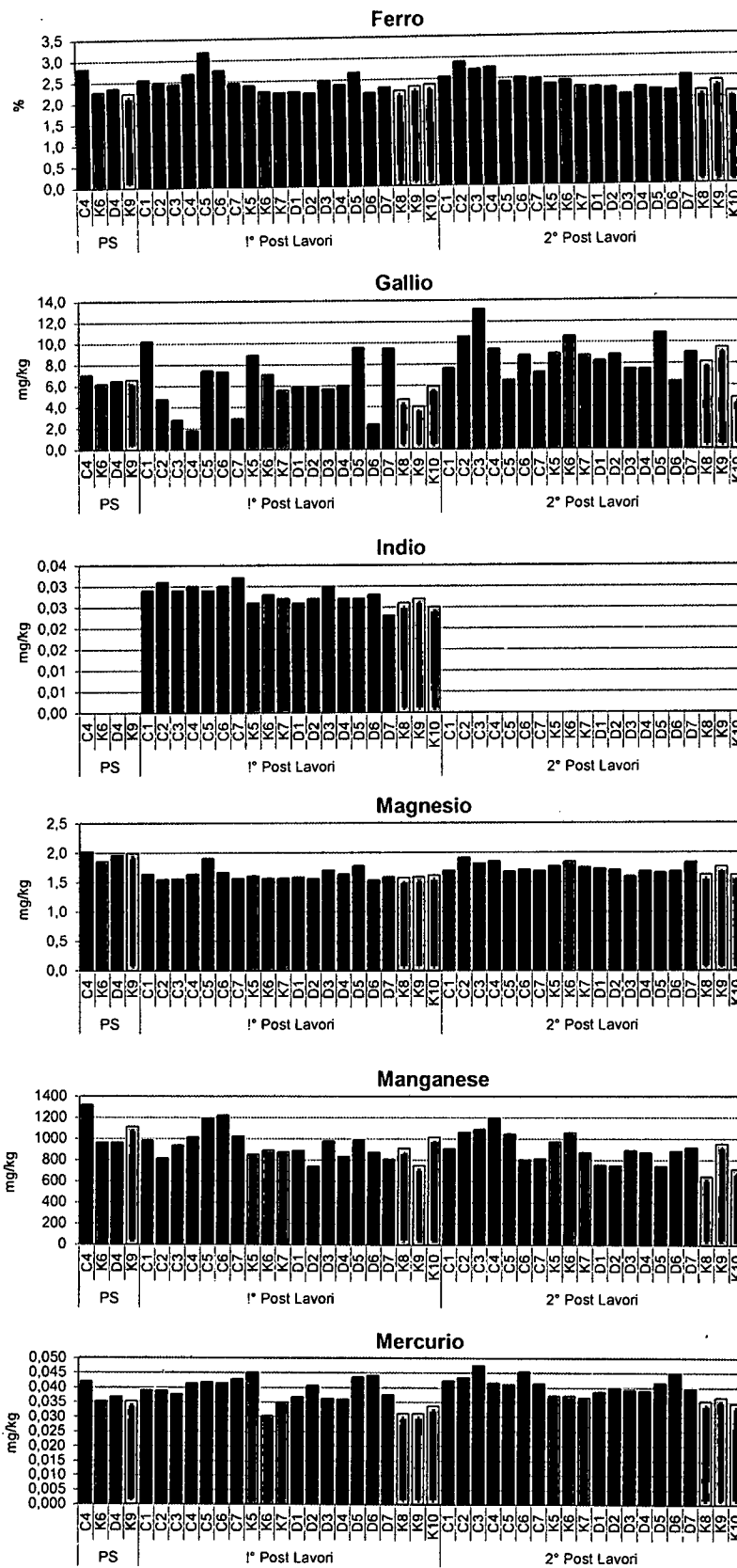


Fig. 3.4 - Continuo.

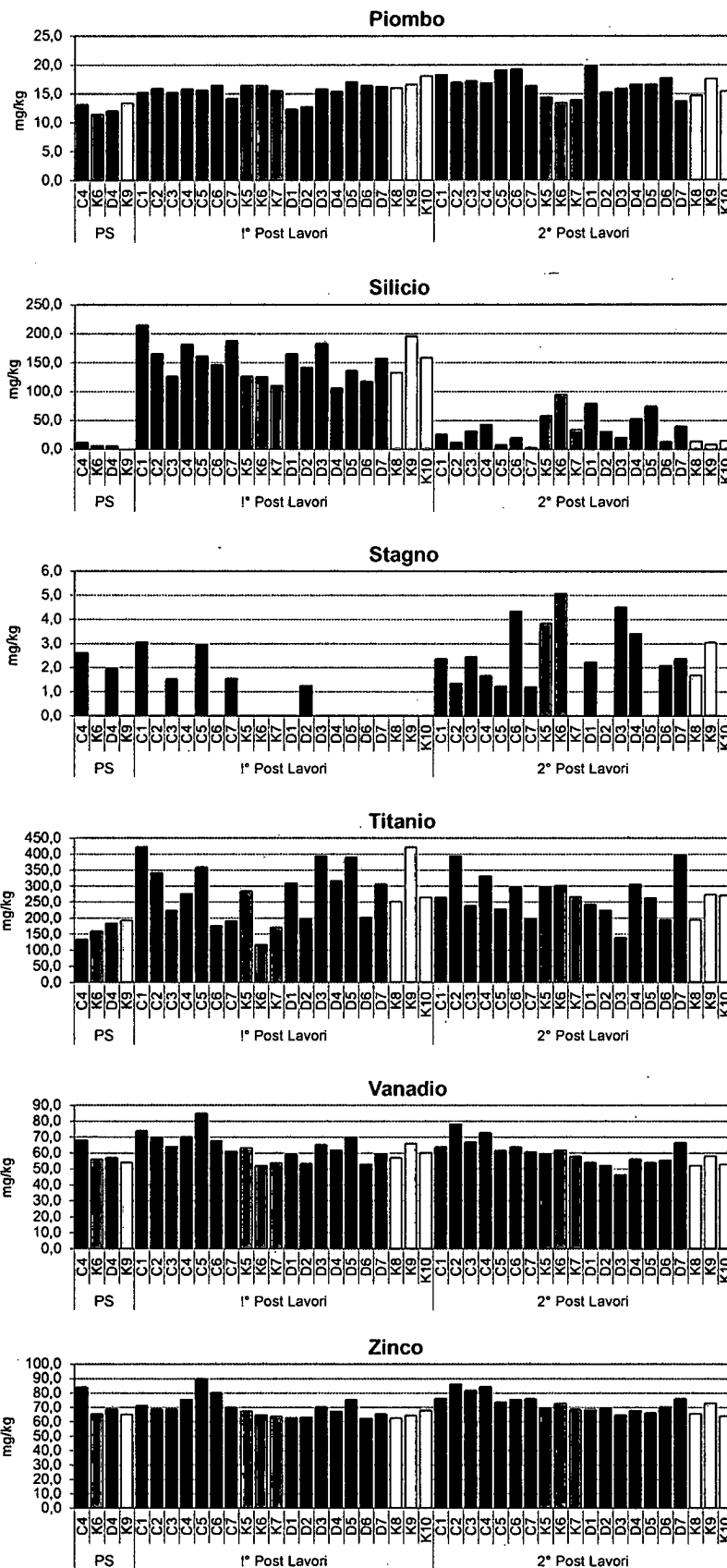


Fig. 3.4 - Continuo.

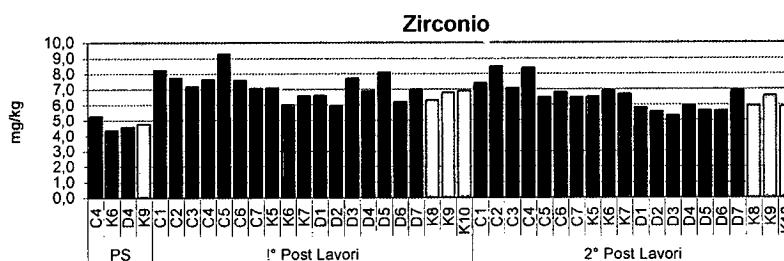


Fig. 3.4 - Continuo.

Gallio – Questo metallo ha esibito tenori omogenei nei siti indagati durante il pre-survey, contrariamente a quanto osservato nel 1° post lavori. Lungo C solo C1 era risultato superiore ai controlli, lungo D solo D5 e D7, con differenze comunque poco rilevanti. In estate è avvenuto un incremento diffuso, con contrazioni confrontabili tra i siti eccetto C3 dove è stato raggiunto il massimo assoluto (13,15 mg/kg).

Indio – L'indio è stato rilevato esclusivamente nell'inverno 2016 in concentrazioni prossime al limite di rilevabilità strumentale.

Magnesio – Nel pre-survey le concentrazioni di magnesio erano oscillate tra 1,86 mg/kg (K6) e 2,02 mg/kg (C4). Nel 1° post lavori i tenori si erano tutti abbassati risultando in linea tra loro eccetto quello leggermente superiore in C5, comunque più basso rispetto alle concentrazioni osservate prima della posa della condotta. Nell'estate 2016 le variazioni sono state minime ed è stata rilevata una notevole omogeneità di concentrazioni.

Manganese - Prima dell'installazione la concentrazione maggiore di manganese era stata rilevata in C4 (1315,54 mg/kg) seguita da quella in K9 (1112,45 mg/kg). Nel 1° post lavori era avvenuto un decremento e tutte le stazioni dei transetti apparivano confrontabili con i controlli eccetto quelle a SSW appartenenti a C. Nell'ultimo monitoraggio sono aumentati i tenori da C2 a C4 e nei controlli K5 e K6, oltre che in D4 e K9, altrove si sono abbassati, ma in entrambi i casi le variazioni sono state spesso minime. Solo in C4 il contenuto di manganese è apparso superiore a quelli dei rispettivi riferimenti, ma la concentrazione raggiunta è inferiore a quella del pre-survey.

Mercurio - Anche per il mercurio nel pre-survey il massimo, comunque estremamente inferiore all'LCNR, era stato rilevato in C4 (0,042 mg/kg). Nell'inverno 2016 i tenori lungo C si erano mantenuti praticamente invariati mostrandosi in linea con i controlli corrispondenti. Lungo D apparivano lievemente maggiori quelli nel tratto D5-D7 rispetto a K8-K10. Nell'estate successiva è stato rilevato un contenuto di mercurio leggermente maggiore lungo i transetti rispetto ai riferimenti, ma si tratta di concentrazioni

estremamente basse e notevolmente inferiori all'LCNR.

Nichel – Il nichel è sempre risultato superiore all'LCNR, anche nel pre-survey, per cause evidentemente estranee alla presenza della condotta. Come la maggior parte degli altri metalli prima della posa la concentrazione maggiore era stata rilevata in C4 (65,05 mg/kg) e nel 1° post lavori era stato rilevato un picco in C5 (67,82 mg/kg) che ha rappresentato il massimo assoluto registrato sinora. Nell'estate 2016 è avvenuto un incremento generalizzato più o meno evidente che non ha interessato solo C5, C6 e D6 in cui il metallo si è abbassato. Le stazioni dei transetti sono apparse in linea con i controlli corrispondenti eccetto D7 in cui è stato registrato il massimo stagionale (64,63 mg/kg) e il tratto C2-C4, ma si tratta di differenze minime.

Piombo – Il piombo è presente nell'area investigata in concentrazioni estremamente inferiori all'LCNR. Nel 1° post lavori era avvenuto un lieve incremento generalizzato sia lungo i transetti che ai controlli a seguito del quale i tenori risultavano del tutto confrontabili tra i vari gruppi di stazioni. Un aumento, lieve, è avvenuto anche nell'estate 2016 lungo tutto il transetto C, in 5 siti di D e in K9; altrove il piombo si è ridotto. Dunque, C è apparso lievemente più contaminato dei rispettivi controlli, così come D1 in cui è stato raggiunto il massimo assoluto dell'intero periodo (19,87 mg/kg), concentrazione anch'essa notevolmente inferiore all'LCNR.

Silicio – Nel pre-survey questo metallo era risultato scarsamente presente, essendo la massima concentrazione rilevata in C4 pari a 10,96 mg/kg. Nell'inverno 2016 era avvenuto un forte incremento generalizzato e i tenori erano risultati tendenzialmente più elevati lungo C rispetto sia ai propri controlli, sia a D, apparso invece confrontabile con i riferimenti. Si era comunque ritenuto prematuro ricondurre quanto osservato alla presenza della condotta. In effetti, nell'estate successiva è avvenuta una forte riduzione delle concentrazioni, anche se non sono stati ancora raggiunti i tenori del pre-survey né lungo i transetti, né ai controlli. Quelli del transetto C sono risultati inferiori o comparabili a K5-K7, quelli del transetto D quasi tutti superiori a K8-K10.

Stagno – Lo stagno era stato rilevato solo in corrispondenza della futura condotta e dopo la sua realizzazione in 4 siti del transetto C e in uno di D (D2) in concentrazioni confrontabili o inferiori a quelle del pre-survey. In estate è stato rilevato quasi ovunque con il massimo in K6 (5,07 mg/kg). Tutti i valori di C sono risultati inferiori a questo controllo; lungo D, invece D3 e D4 sono apparsi più contaminati di K9, il controllo con il contenuto di stagno maggiore per quell'area. Le concentrazioni sono in ogni caso tutte modeste.

Titanio – Nel pre-survey il titanio era risultato leggermente superiore ai controlli.

Nell'inverno 2016 era avvenuto un aumento generalizzato (tranne in C4), ma di entità molto diversa da sito a sito. Lungo C le concentrazioni in C1, C2 e C5 erano risultate superiori al controllo più contaminato (K5), mentre quelle del transetto D erano tutte inferiori a K9. Comunque, era stata osservata un'elevata variabilità che è stata confermata in estate. In quest'ultimo monitoraggio solo C2 e C4 sono apparsi leggermente superiori ai rispettivi controlli e D7 a K8-K10. Come già indicato precedentemente, le prossime analisi potranno chiarire le dinamiche di questo metallo.

Vanadio – Anche il vanadio durante il pre-survey era risultato maggiormente concentrato in C4 con 68,09 mg/kg. In inverno 2016 era stato segnalato il picco in C5 pari a 84,86 mg/kg, corrispondente al massimo assoluto. Oltre a questo erano risultati maggiori rispetto ai controlli anche i contenuti rilevati in quasi tutto il transetto C, anche se le differenze erano minime. D era invece apparso confrontabile con i rispettivi controlli. Nell'estate 2016 è avvenuto un decremento generalizzato eccetto nei siti C2-C4, gli unici a presentare un contenuto di vanadio trascurabilmente maggiore rispetto ai controlli, e in D7, trascurabilmente maggiore dei propri riferimenti. Non si rilevano variazioni degne di nota rispetto al pre-survey.

Zinco – Anche lo zinco nel pre-survey era risultato maggiore in C4 rispetto agli altri siti con 83,74 mg/kg. In inverno 2016 le concentrazioni erano rimaste simili a quelle precedenti eccetto in C4-C6 dove erano superiori rispetto ai controlli; in C5 si rilevava un picco di 87,71 mg/kg, corrispondente al massimo assoluto. In estate è avvenuto un lieve aumento quasi ovunque, ma solo nel tratto C2-C4 i tenori sono apparsi leggermente superiori ai controlli. In tutto il periodo il contenuto di zinco è risultato inferiore all'LCNR.

Zirconio – Lo zirconio durante il pre-survey era risultato compreso tra 4,36 (K6) e 5,25 mg/kg (C4). Come per molti altri metalli nell'inverno 2016 è avvenuto un incremento generalizzato con un picco in C5 (9,26 mg/kg) mai più raggiunto. Nell'estate 2016 è avvenuta una riduzione che non ha riguardato solo C2 e C4 che, con 86,00 mg/kg e 84,10 mg/kg rispettivamente, rappresentano gli unici due siti con un contenuto del metallo leggermente superiore a quello dei controlli.

3.1.5. SOSTANZA ORGANICA

Le concentrazioni di sostanza organica rinvenute nei sedimenti prima della posa della condotta oscillavano tra 33800 mg/kg (K9) e 41000 mg/kg (C4), valore quest'ultimo superiore al controllo corrispondente K6 (Tab. 3-IV e fig. 3.5). Nell'inverno 2016 i tenori risultavano tutti inferiori a quelli registrati durante il pre-survey. Faceva eccezione

unicamente D5 (69942 mg/kg) con una concentrazione tripla rispetto alla media dei controlli (22527±181 mg/kg). Nell'estate 2016 è stato riscontrato un modesto e diffuso incremento ovunque eccetto in D5 in cui è scomparsa l'alterazione precedente. I tenori raggiunti sono tutti uniformi e confrontabili con quelli del pre-survey.

Tab. 3-IV – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo di indagine. In rosso le stazioni corrispondenti alla condotta sottomarina.

	Pre-survey	1° Post Lavori	2° Post Lavori
C1		24506	33560
C2		25349	30583
C3		24606	33487
C4	41000	25184	36591
C5		30136	34891
C6		25804	35034
C7		27211	34523
K5		24902	32290
K6	35500	24791	34664
K7		23385	32235
D1		22496	31285
D2		26982	30654
D3		27065	31673
D4	34000	26505	34450
D5		69942	29250
D6		21729	33032
D7		23581	32202
K8		22698	27472
K9	33800	22546	29306
K10		22337	29690

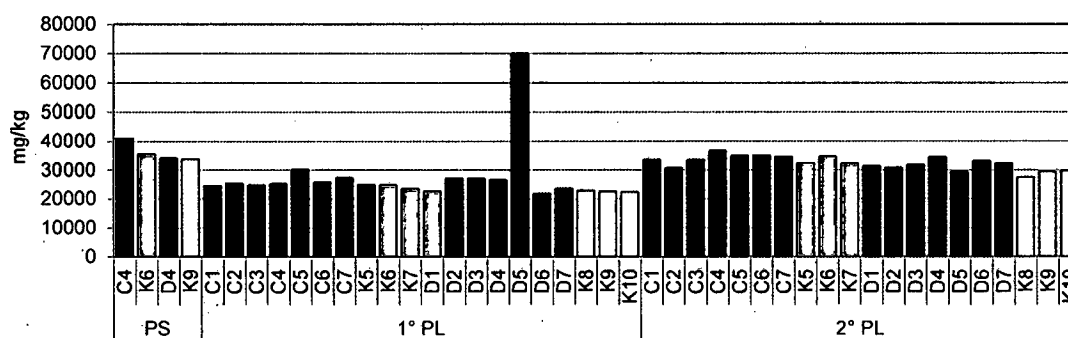


Fig. 3.5 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo C4 e D4 = stazioni corrispondenti alla condotta sottomarina.

3.1.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Durante il pre-survey i tenori di carbonio organico totale erano stati quantificati solo nelle stazioni poste in corrispondenza della futura condotta, in concentrazioni maggiori in C4 (3900 mg/kg) rispetto a D4 (2600 mg/kg; Tab. 3-V e fig. 3.6).

Nel 1° survey post lavori di installazione il TOC era stato rilevato ovunque in

concentrazioni molto eterogenee tra loro. Il comportamento, tuttavia, era comune ai siti C, D e ai rispettivi controlli, a testimonianza del fatto che quanto osservato fosse indipendente dalla condotta. Per quanto riguarda il transetto C, il tenore maggiore rilevato in C7 era del tutto comparabile al controllo K6. Lungo il transetto D il TOC era ovunque inferiore ai controlli K10 e K8; in quest'ultimo sito si registrava il massimo assoluto (16000 mg/kg). Nell'estate 2016 i tenori sono diventati tutti omogenei confermando l'assenza di anomalie dovute alla condotta.

Tab. 3-V – Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo di indagine. In rosso le stazioni corrispondenti alla condotta sottomarina.

	Pre-survey	1° Post Lavori	2° Post Lavori
C1		6300	5530
C2		4500	5370
C3		3900	6850
C4	3900	1800	6220
C5		7500	6350
C6		1900	5880
C7		12000	6310
K5		5000	4740
K6	n.r.	12000	5430
K7		4300	5040
D1		5700	4880
D2		3800	5700
D3		6100	6130
D4	2600	7800	5560
D5		4300	5370
D6		5000	3820
D7		9300	4370
K8		16000	4620
K9	n.r.	5100	5500
K10		6300	4990

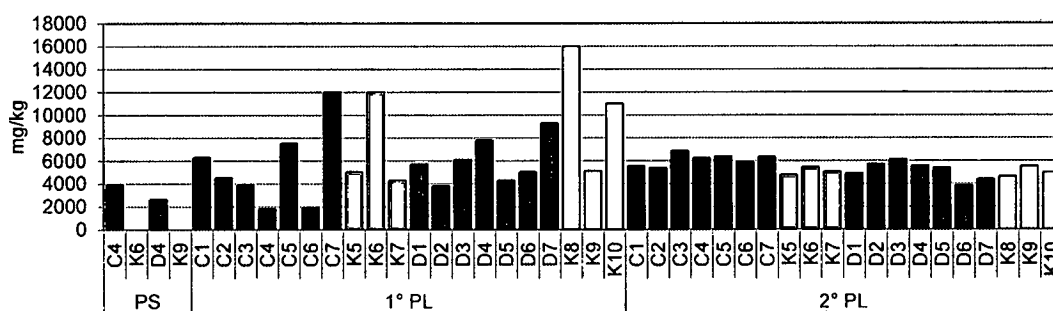


Fig. 3.6 - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. C4 e D4 = stazioni corrispondenti al sea-line.

3.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.2.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC - I due test eseguiti nell'estate 2016 come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (11,96 mg/l come cromo) sono rientrati nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (LC=11,47 e UC=12,62 mg/l); i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi in quanto inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 2° survey post lavori di installazione del sea-line, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati, indicano l'assenza di un effetto tossico ovunque non essendo stata rilevata un'inibizione della crescita algale (Tab. 3-VI).

Tab. 3-VI - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati nel 2° survey post lavori. In rosso i siti in corrispondenza della condotta sottomarina. Valori negativi della % di effetto indicano effetto stimolante.

campione	pH	Salinità (‰)	ΔG (%) 72 h	EC20 % (L.C. 95%)	EC50 % (L.C. 95%)	Tossicità
C2	8,28	35	-1,07%	≥ 90	≥ 100	Assente
C4	8,49	36	-4,72%	≥ 90	≥ 100	Assente
C6	8,25	36	8,22%	≥ 90	≥ 100	Assente
K6	8,41	36	4,57%	≥ 90	≥ 100	Assente
D2	8,46	37	-4,57%	≥ 90	≥ 100	Assente
D4	8,49	35	8,07%	≥ 90	≥ 100	Assente
D6	8,46	35	-1,83%	≥ 90	≥ 100	Assente
K9	8,53	35	-3,35%	≥ 90	≥ 100	Assente

Confronto con i survey precedenti - Non si rilevano variazioni (Tab. 3-VII).

Tab. 3-VII - Risultati del test di tossicità eseguito con *D. tertiolecta* nei survey sinora condotti. In rosso i siti in corrispondenza della condotta sottomarina.

	Pre-survey	1° Post Lavori	2° Post Lavori
C2		Assente	Assente
C4	Assente	Assente	Assente
C6		Assente	Assente
K6	Assente	Assente	Assente
D2		Assente	Assente
D4	Assente	Assente	Assente
D6		Assente	Assente
K9	Assente	Assente	Assente

3.2.2. *VIBRIO FISCHERI* (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Nell'estate 2016 il valore della EC50(15') = 7,63 mg/l (LC=5,17 e UC=11,26) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio (3,47-11,47).

Risultati del test – Tutti gli elutriati estratti dai sedimenti campionati nel 2° survey post lavori sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 3-VIII).

Tab. 3-VIII - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 2° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti al sea-line.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
C2	8,28	35	-1,83	-1,25	≥90	≥90	Assente
C4	8,49	36	7,82	8,35	≥90	≥90	Assente
C6	8,25	36	1,10	1,28	≥90	≥90	Assente
K6	8,41	36	3,90	4,57	≥90	≥90	Assente
D2	8,46	37	3,99	5,24	≥90	≥90	Assente
D4	8,49	35	7,91	8,17	≥90	≥90	Assente
D6	8,46	35	5,58	8,96	≥90	≥90	Assente
K9	8,53	35	8,81	10,10	≥90	≥90	Assente

Confronto con i survey precedenti - Non si rilevano variazioni (Tab. 3-IX).

Tab. 3-IX – Risultati del test di tossicità eseguito con *V. fischeri* nei survey sinora condotti. In rosso le stazioni corrispondenti al sea-line.

	Pre-survey	1° Post Lavori	2° Post Lavori
C2		Assente	Assente
C4	Assente	Assente	Assente
C6		Assente	Assente
K6	Assente	Assente	Assente
D2		Assente	Assente
D4	Assente	Assente	Assente
D6		Assente	Assente
K9	Assente	Assente	Assente

3.2.3. *COROPHIUM ORIENTALE*

Nell'estate 2016 la sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl₂) LC50 = 3,46 (LC = 3,18 mg/l e UC = 3,76 mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 gg è risultata conforme, in quanto superiore al 85%. In Tab. 3-X sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test eseguito nel 2° survey post lavori.

Tab. 3-X – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test relativo al 2° survey post lavori. In rosso i siti corrispondenti alla condotta.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 2	37	8,13	0	> 85	15 ± 1	37	8,15	0	> 85
C2		37	8,15	0			37	8,16	0	
C4		37	8,14	0			37	8,14	0	
C6		37	8,13	0			37	8,15	0	
K6		37	8,14	0			37	8,11	0	
D2		37	8,15	0			36	8,09	0	
D4		37	8,16	0			37	8,10	0	
D6		37	8,17	0			37	8,08	0	
K9		37	8,15	0			37	8,07	0	

Risultati del test - Nel 2° survey post lavori le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg hanno documentato l'assenza di tossicità acuta in tutti i sedimenti testati eccetto in C2 (tossicità bassa; Tab. 3-XI).

Tab. 3-XI - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al 2° survey post lavori. In rosso i siti corrispondenti alla condotta.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	2 ± 3,67	0	-
C2	100	18 ± 3,67	16	Bassa
C4	100	9 ± 6,09	7	Assente
C6	100	16 ± 8,99	14	Assente
K6	100	9 ± 6,09	7	Assente
D2	100	16 ± 7,34	14	Assente
D4	100	16 ± 7,35	14	Assente
D6	100	14 ± 3,67	12	Assente
K9	100	11 ± 6,09	9	Assente

Confronto con i survey precedenti - Nell'estate 2016 è avvenuto un netto miglioramento rispetto all'inverno con il ripristino delle condizioni del pre-survey; permane solo il debole segnale in C2 già rilevato precedentemente (Tab. 3-XII).

Tab. 3-XII – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. acherusicum* nei survey sinora condotti. In rosso le stazioni corrispondenti al sea-line.

	Pre-survey	1° Post Lavori	2° Post Lavori
C2		Bassa	Bassa
C4	Assente	Bassa	Assente
C6		Assente	Assente
K6	Assente	Media	Assente
D2		Bassa	Assente
D4	Assente	Media	Assente
D6		Bassa	Assente
K9	Assente	Bassa	Assente

3.2.4. CRASSOSTREA GIGAS

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC₅₀ di 11,44 µg/l di Cu (LC=10,68 e UC=12,35) che rientra nei limiti della carta di controllo (5-45 µg/l); la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo (85±1%) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Nell'estate 2016 negli elutriati C4, K6, D4 e K9 sono avvenute riduzioni significative delle percentuali di larve D-shape rispetto al controllo negativo dimostrando la presenza di tossicità cronica bassa. Altrove non è stata rilevata alcuna tossicità (Tab. 3-XIII).

Confronto con i survey precedenti - Nell'estate 2016 le caratteristiche ecotossicologiche nei siti posizionati lungo i transetti sono migliorate eccetto in D4 in cui è stata confermata la bassa tossicità (Tab. 3-XIV). Ai controlli, invece, è stato rilevato un trend opposto con un leggero peggioramento.

Tab. 3-XIII - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 2° survey post lavori. In rosso i siti corrispondenti alla condotta sottomarina.

campione	Concentrazione	% media di larve normali ± dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		85 ± 1,00	15	0			
C2	100	72 ± 1,73	28	15	≥90	≥100	Assente
	50	78 ± 1,73	22	8			
	25	83 ± 1,73	17	2			
C4	100	64 ± 1,53	36	24	74,7	≥100	Bassa
	50	72 ± 2,00	28	15			
	25	82 ± 2,08	18	3			
C6	100	71 ± 2,31	29	16	≥90	≥100	Assente
	50	76 ± 2,89	24	10			
	25	82 ± 1,00	18	4			
K6	100	60 ± 0,58	40	30	64,3	≥100	Bassa
	50	71 ± 1,53	29	16			
	25	81 ± 1,15	19	5			
D2	100	69 ± 1,53	31	18	≥90	≥100	Assente
	50	75 ± 1,53	25	12			
	25	82 ± 1,00	18	4			
D4	100	60 ± 2,00	40	29	64	≥100	Bassa
	50	70 ± 1,53	30	17			
	25	82 ± 1,73	18	4			
D6	100	76 ± 1,53	24	10	≥90	≥100	Assente
	50	79 ± 0,58	21	7			
	25	82 ± 2,00	18	4			
K9	100	65 ± 1,15	35	24	75,3	≥100	Bassa
	50	71 ± 1,53	29	16			
	25	82 ± 2,00	18	4			

Tab. 3-XV – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. gigas* nei survey sinora condotti. In rosso i siti corrispondenti alla condotta sottomarina.

	Pre-survey	1° Post Lavori	2° Post Lavori
C2		Bassa	Assente
C4	Assente	Media	Bassa
C6		Bassa	Assente
K6	Assente	Assente	Bassa
D2		Bassa	Assente
D4	Assente	Bassa	Bassa
D6		Bassa	Assente
K9	Assente	Assente	Bassa

3.2.5. RICERCA DI METALLI PESANTI IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

I parametri (chimici e fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test effettuato nel 2° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XVI, mentre in Tab. 3-XVII sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo.

Tab. 3-XVI - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test di bioaccumulo condotto nel 2° survey post lavori. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti al sea-line.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 1	38	7,77	2	> 85	16 ± 1	37	8,13	0	> 85
C2		35	8,04	0			38	8,16	0	
C4		35	8,04	0			37	8,17	0	
C6		35	8,05	0,5			37	8,17	0	
K6		36	8,04	0,5			37	8,15	0	
D2		36	8,04	0			37	8,15	0	
D4		35	8,04	0			37	8,14	0	
D6		35	8,04	0			37	8,13	0	
K9		35	8,05	0			37	8,12	0	

Tab. 3-XVII - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 2° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti al sea-line.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	21	67 ± 8,25
C2	21	81 ± 8,25
C4	21	52 ± 8,25
C6	21	38 ± 8,25
K6	21	38 ± 8,25
D2	21	19 ± 8,25
D4	21	29 ± 0,00
D6	21	19 ± 8,25
K9	21	24 ± 0,00

Le mortalità riscontrate nei sedimenti da testare sono state tutte percentualmente inferiori

rispetto a quella del controllo negativo eccetto quella in C2 (superiore) e quella in C4 (comparabile).

Risultati del saggio - In Tab. 3-XVIII sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nel bianco (tempo 0') e quelle registrate nei tessuti degli esemplari di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati per 28 gg, mentre la Tab. 3-XIX mostra le differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei sedimenti testati e quelle determinate nel bianco (0').

E' stato riscontrato solo un bioaccumulo di **nichel** nei due controlli K6 e K9 e in D4 e D6, di **mercurio** nei due riferimenti e in D4, di **piombo** in C2 e uno più esteso di **silicio** che ha interessato tutte le stazioni ad esclusione di K9.

Tab. 3-XVIII - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel survey condotto nel 2° survey post lavori. (bianco = tempo zero 0'- organismi spurgati/non esposti ai sedimenti). In rosso le stazioni corrispondenti al sea-line. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi sottoposti per 28 gg a un sedimento di controllo. n.r. = non rilevabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Bianco	n.r.	1,42	n.r.	0,21	n.r.	20,95	347,45	2,64	n.r.	0,35	107,15	n.r.	133,58	0,094
Controllo	n.r.	1,94	n.r.	0,16	n.r.	17,83	308,08	2,21	n.r.	n.r.	75,02	n.r.	150,71	0,145
C2	n.r.	0,49	n.r.	0,08	n.r.	13,29	268,00	2,84	n.r.	0,68	169,59	n.r.	109,79	0,094
C4	n.r.	0,12	n.r.	0,14	n.r.	10,93	272,69	3,00	n.r.	n.r.	133,69	n.r.	97,98	0,103
C6	n.r.	1,41	n.r.	0,19	n.r.	11,38	340,80	2,55	n.r.	0,33	225,22	n.r.	118,26	0,111
K6	n.r.	1,25	n.r.	0,20	n.r.	11,49	394,14	4,46	n.r.	n.r.	299,42	n.r.	132,41	0,129
D2	n.r.	1,18	n.r.	0,20	n.r.	13,52	317,20	3,15	n.r.	0,35	172,98	n.r.	139,38	0,106
D4	n.r.	1,18	n.r.	0,22	n.r.	15,86	355,67	3,17	n.r.	0,30	198,63	n.r.	122,98	0,129
D6	n.r.	1,48	n.r.	0,23	n.r.	12,03	326,90	3,29	n.r.	0,30	197,39	n.r.	142,45	0,112
K9	n.r.	1,31	n.r.	0,24	n.r.	13,89	313,92	3,57	n.r.	0,35	126,59	n.r.	135,48	0,124

Tab. 3-XIX - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti al sedimento di controllo e ai sedimenti da testare e il bianco (0'). In rosso le stazioni corrispondenti al sea-line. In grassetto sono evidenziati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. (bianco = organismi spurgati/non esposti ai sedimenti testati; controllo = organismi esposti al sedimento di controllo). n.c. = non calcolabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	n.c.	0,52	n.c.	-0,05	n.c.	-3,12	-39,37	-0,43	n.c.	n.c.	-32,13	n.c.	17,13	0,051
C2	n.c.	-0,93	n.c.	-0,13	n.c.	-7,66	-79,45	0,20	n.c.	0,33	62,44	n.c.	-23,79	0
C4	n.c.	-1,30	n.c.	-0,07	n.c.	-10,02	-74,76	0,36	n.c.	n.c.	26,54	n.c.	-35,60	0,009
C6	n.c.	-0,01	n.c.	-0,02	n.c.	-9,57	-6,65	-0,09	n.c.	-0,02	118,07	n.c.	-15,32	0,017
K6	n.c.	-0,17	n.c.	-0,01	n.c.	-9,46	46,69	1,82	n.c.	n.c.	192,27	n.c.	-1,17	0,035
D2	n.c.	-0,24	n.c.	-0,01	n.c.	-7,43	-30,25	0,51	n.c.	0	65,83	n.c.	5,80	0,012
D4	n.c.	-0,24	n.c.	0,01	n.c.	-5,09	8,22	0,53	n.c.	-0,05	91,48	n.c.	-10,60	0,035
D6	n.c.	0,06	n.c.	0,02	n.c.	-8,92	-20,55	0,65	n.c.	-0,05	90,24	n.c.	8,87	0,018
K9	n.c.	-0,11	n.c.	0,03	n.c.	-7,06	-33,53	0,93	n.c.	0	19,44	n.c.	1,90	0,030

Confronto con i survey precedenti - Nell'ultimo monitoraggio sono stati confermati i

risultati precedenti per la maggior parte dei metalli (Tab. 3-XX). E' scomparso il bioaccumulo di **cadmio** in D4 e di **arsenico** in entrambi i siti posizionati sul sea-line e si è notevolmente ridotto quello di **mercurio** come numero di stazioni coinvolte. E' stato al contrario riscontrato per la prima volta un accumulo di **nichel** e di **silicio** che, comunque, ha coinvolto anche una o entrambe le stazioni di controllo.

Tab. 3-XX - Confronto tra le differenze delle concentrazioni dei metalli pesanti con il bianco rilevate nel pre-survey (PS) e nei primi due monitoraggi post lavori (PL). In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondente alla condotta sottomarina. In grassetto sono evidenziati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. (controllo = organismi esposti al sedimento di controllo). n.c. = non calcolabile.

campione	Al			As			Ba			Cd			Cr			Cu			Fe		
	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL
controllo	n.c.	-242	n.c.	0,1	2,48	0,52	n.c.	n.c.	n.c.	0,04	-0,02	-0,05	n.c.	n.c.	n.c.	-5,98	-7,39	-3,12	-407,39	-244,9	-39,37
C2		-223	n.c.		0,17	-0,93		n.c.	n.c.		-0,01	-0,13		n.c.	n.c.		-8,70	-7,66		-313,17	-79,45
C4	n.c.	-222	n.c.	0,04	0,30	-1,30	n.c.	n.c.	n.c.	-0,01	0,01	-0,07	n.c.	n.c.	n.c.	-8,79	-8,64	-10,02	-478,97	-251,3	-74,76
C6		-239	n.c.		-0,05	-0,01		n.c.	n.c.		-0,01	-0,02		n.c.	n.c.		-10,44	-9,57		-272,04	-6,65
K6	n.c.	-225	n.c.	0,15	0,04	-0,17	n.c.	n.c.	n.c.	0,01	-0,02	-0,01	n.c.	n.c.	n.c.	-4,86	-10,89	-9,46	-368,83	-259,67	46,69
D2		-218	n.c.		0,18	-0,24		n.c.	n.c.		0,02	-0,01		n.c.	n.c.		-9,76	-7,43		-277,25	-30,25
D4	n.c.	-214	n.c.	0,33	0,51	-0,24	n.c.	n.c.	n.c.	-0,06	0,04	0,01	n.c.	n.c.	n.c.	-7,56	-8,35	-5,09	-473,09	-240,09	8,22
D6		-239	n.c.		-0,03	0,06		n.c.	n.c.		0	0,02		n.c.	n.c.		-10,67	-8,92		-206,42	-20,55
K9	n.c.	-230	n.c.	-0,06	-0,42	-0,11	-1,32	n.c.	n.c.	-0,03	0	0,03	n.c.	n.c.	n.c.	-2,73	-8,37	-7,06	-209,41	-268,98	-33,53

campione	Ni			In			Pb			Si			V			Zn			Hg		
	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL	PS	1° PL	2° PL
controllo	-1,21	-0,10	-0,43	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,01	n.c.	-436,22	-21,39	-32,13	n.c.	n.c.	n.c.	10,97	38,25	17,13	0,088	0,108	0,051
C2		-0,07	0,2		n.c.	n.c.		0,01	0,33		-162,29	62,44		n.c.	n.c.		-2,67	-23,79		0,022	0,000
C4	-0,26	-0,30	0,36	n.c.	n.c.	n.c.	-0,19	0,02	n.c.	-376,41	-158,57	26,54	n.c.	n.c.	n.c.	-6,5	2,03	-35,60	0,015	0,023	0,009
C6		-0,42	-0,09		n.c.	n.c.		0,01	-0,02		-198,71	118,07		n.c.	n.c.		-7,5	-15,32		0,022	0,017
K6	-0,4	-0,29	1,82	n.c.	n.c.	n.c.	-0,16	-0,10	n.c.	-400,85	-171,63	192,27	n.c.	n.c.	n.c.	-23,06	1,67	-1,17	0,034	0,037	0,035
D2		-0,49	0,51		n.c.	n.c.		-0,03	0		-196,56	65,83		n.c.	n.c.		-17,83	5,80		0,006	0,012
D4	0,37	-0,49	0,53	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,05	-0,05	-447,6	-116,95	91,48	n.c.	n.c.	n.c.	-35,5	-12,33	-10,60	0,036	0,020	0,035
D6		-0,42	0,65		n.c.	n.c.		-0,09	-0,05		-168,67	90,24		n.c.	n.c.		6,19	8,87		0,030	0,018
K9	0,22	-0,64	0,93	n.c.	n.c.	n.c.	-0,04	-0,01	0	-290,09	-82,87	19,44	n.c.	n.c.	n.c.	7,58	-5,89	1,90	0,033	0,007	0,030

3.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.3.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

La comunità bentonica rinvenuta nel 2° survey post lavori di installazione è risultata abbastanza povera in termini di numero di individui come nei monitoraggi precedenti (fig. 3.7).

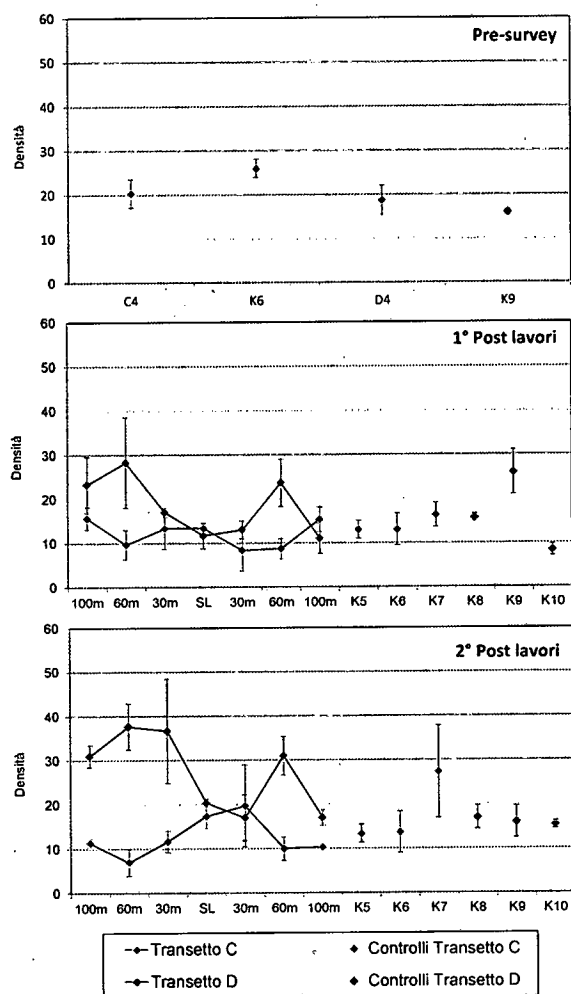


Fig. 3.7 – Densità ($\pm e.s.$) nei survey condotti sinora.

Lungo il transetto C il trend è apparso decrescente in C2, crescente sino a C5 e di nuovo decrescente in C6, ma per l'elevata variabilità molti valori sono risultati confrontabili. Essi sono oscillati tra $7,00 \pm 3,06$ (C2) e $19,67 \pm 9,28$ ind/0,095 m² (C5) rientrando nel range dei controlli corrispondenti ($13,33 \pm 2,07 \leq N \leq 27,33 \pm 10,41$ ind/0,095 m²). Il transetto D ha presentato un andamento opposto a quello di C sino a D6, con un decremento in D7. N è oscillata tra $17,00 \pm 1,73$ (D7) e $37,67 \pm 5,24$ ind/0,095 m² (D2) e i valori, eccetto quelli in corrispondenza del sea-line e a 30 m a SSW di esso, sono risultati superiori ai corrispettivi

dell'altro transetto. Molti di essi sono risultati maggiori anche dei controlli K8-K10 ($15,33 \pm 0,88 \leq N \leq 17,00 \pm 2,65$ ind/0,095 m²). Rispetto al survey precedente le variazioni non sono state univoche ma in generale i valori di ciascuna stazione sono rimasti comparabili eccetto quelli di C3 e K10 che sono aumentati. Non si riscontrano differenze neanche con i dati del pre-survey.

I policheti Paraonidae nd hanno rappresentato il primo taxon più numeroso nella maggior parte delle stazioni monitorate in tutti i periodi, sostituiti in alcuni casi dal gasteropode *Hyalia vitrea* e dal crostaceo *Callianassa subterranea* (Tabb. 3-XXI - 3-XXIII). Queste ultime due specie sono comunque risultate piuttosto importanti ovunque.

In termini di biomassa (Tabb. 3-XXIV - 3-XXVI; fig. 3.8) sin dal pre-survey sono stati registrati valori piuttosto bassi e confrontabili tra loro. Nella fase successiva ai lavori di installazione sono stati registrati alcuni picchi determinati dal rinvenimento di uno o due esemplari del riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea*, una specie di grandi dimensioni; in particolare, nel 1° post è stato osservato il massimo assoluto in D2 ($18,88 \pm 16,46$ gr/0,095 m²) e un secondo picco in K5 ($6,22 \pm 4,85$ gr/0,095 m²). Nel 2° post lavori il massimo è stato rilevato in C6 ($17,76 \pm 4,85$ gr/0,095 m²).

Tab. 3-XXI – Lista e densità (n. ind/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il **pre-survey**. Per ogni sito è anche riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie: Lim = limicolo; Sab = sabulicolo VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; DE = Bioc. del Detritico Infangato; Mixt = misticolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; MO = indicatore della presenza di materia organica; Sd = substrato roccioso.

Stazione		Biocenosi	C4	K6	D4	K9
Distanza dal futuro sealine (m)			0	2000	0	2000
Crostacei						
Anfipodi	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC		0,33		
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt		0,33		
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC		0,33		
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	1,67	3,00	0,33	1,33
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	VB	0,33			
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC			0,33	
Echinodermi						
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB	0,33			
Oloturoidei	Holothurioidea nd	-			0,33	
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC	0,33	0,33	0,33	
	<i>Ocnus planci</i>	Sd			0,33	0,33
Molluschi						
Bivalvi	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt		0,33		
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim	0,33	0,67		
	<i>Tellimya ferruginosa</i>	SFBC			0,33	
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim			0,33	
Gasteropodi	<i>Bela brachystoma</i>	Lre		0,33	0,33	
	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC	1,00	4,67	1,33	3,00
	<i>Turritella communis</i>	VTC			0,33	2,00
Nemertini						
	Nemertea nd	-	0,33	0,67		0,67
Policheti						
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,33			
	<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	VB			0,33	0,33
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	1,33	1,00	0,67	0,33
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	1,67	0,33	0,67	
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,33	1,67		
	<i>Glycera rouxii</i>	MO	1,33	1,00	0,33	0,33
	<i>Harmothoe</i> sp	-	0,33			
	<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC	0,33	0,67	0,33	
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,33			0,33
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	0,67		1,33	1,00
	<i>Minuspio cirrifera</i>	MO	0,33	0,67	0,33	
	<i>Nephtys hystrix</i>	VTC		0,33	0,33	0,33
	<i>Ninoe</i> sp	-	0,67	0,33	0,33	1,33
	<i>Notomastus aberans</i>	MO		0,67		
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim		1,33		
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab	0,33			
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim		1,00		0,67
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,67	0,33	0,33	0,33
	Paraonidae nd	-	5,67	2,33	7,00	2,00
	<i>Phylo norvegica</i>	Lim		0,33	0,33	
	Pilargidae nd	-	0,67	0,67		
	<i>Praxillella gracilis</i>	Lim	0,33	0,33		
	<i>Scoletoma emandibulata mabiti</i>	DE			0,33	0,33
	<i>Scoletoma</i> sp	-	0,33	1,00	0,33	
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre		0,33		
	Spionidae nd	-		0,33		
Sipunculidi						
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	0,33	0,33	0,67	0,67
	Sipuncula nd	-			0,67	0,67
Densità totale			20,33	26,00	18,67	16,00
Ricchezza specifica totale			25	30	26	18

Tab. 3-XXII – Lista e densità (n. ind. 0,095 m⁻²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 1° survey post lavori. Per ogni sito è anche riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie: Lim = limicolo; Sab = sabulicolo; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Bioc. del Detritico Infangato; Mixt = misticolo; Minut = Minuticolo; MO = indicatore della presenza di materia organica; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; HP = Bioc. delle praterie di *Posidonia*.

Stazione	Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	
		100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000	
Briozoi																						
<i>Tritocella flava</i>			0,33				0,33							0,33		0,33						
Cnidari																						
Actinaria nd										0,33												
Crosteacei																						
Anfipodi																						
<i>Ampelisca diadema</i>	DE													0,33								
<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC												0,33									
<i>Leucothoe liljeborgi</i>	MO									0,33												
<i>Microdeutopus sp</i>									0,33					0,33								
<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt						0,33															
Cumacei																						
<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt												3,67									
Decapodi																						
<i>Alpheus glaber</i>	VTC			0,33			0,33															
<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	0,67	0,33	0,33	2,00		1,00	1,33	1,33	3,33	6,33	5,00	3,33	0,33	1,67	2,00	2,33	2,00	1,00	2,33		
<i>Chlorotocus crassicornis</i>	VB			0,33																		
<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC		0,33				0,33							0,33		0,33						
Misidiacei																						
Misidiacea nd				0,33																		
Tenaidacei																						
<i>Apeudes spinosus</i>	HP	0,33	0,33					0,33		0,33												
<i>Leptognathia sp</i>								0,33														
Echinodermi																						
Echinoidei																						
<i>Brissoopsis atlantica mediterranea</i>	VB					0,33	0,33		0,33			0,33	0,33				0,33		0,33			0,67
Oloturoidei																						
<i>Holothuriodea nd</i>		0,67				0,33	0,33	0,67	0,33			0,33	0,33	0,33		2,00	0,33		0,33			
<i>Labidoplax digitata</i>	VTC	1,33	0,33									0,33	0,33	0,33		0,67		0,67				
Molluschi																						
Bivalvi																						
<i>Abra prismatica</i>	DC	0,33																				
<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt								0,33	0,67												
<i>Nucula nitidosa</i>	Lim																0,33					
<i>Nucula sulcata</i>	Lim											0,33										
<i>Tithyasira biplicata</i>	Lim											0,33										
Gasteropodi																						
<i>Hyala viorea</i>	VTC	2,00	3,00	1,33	1,67	3,00	0,33	1,33	2,00	1,33	1,67	3,67	1,33	2,67	1,67	0,33	0,67	0,67	3,00	1,67	2,33	
<i>Turritella communis</i>	VTC													0,33		1,00	1,00	0,67	0,67	1,00		
Nemertini																						
Nemertea nd		0,33			0,67				0,33			0,67	0,33	0,33	0,33	0,67			0,33			
Policheti																						
<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC												0,33									
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB	0,33	0,67		0,33		0,33		0,33											0,67		
<i>Aphelocheata filiformis</i>	MO	1,33	0,33	0,67	1,00	0,33	1,00	2,00	0,67	0,33	1,33	0,33	0,67	1,33	0,67	1,00	2,33	0,67	1,00	1,33	0,33	
<i>Aphelocheata marioni</i>	MO	0,33															0,33					
Aphroditidae nd											0,33											
Capitellidae nd														0,33								
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim			0,33	1,00											0,33						
Cirratulidae nd																						
<i>Dritonereis filum</i>	Lim	0,33			0,33												0,33				0,33	
<i>Glycera alba</i>	Lim																0,33					0,33
<i>Glycera rouxii</i>	MO																					
<i>Glycera sp</i>		0,33							0,33	0,33	0,67	0,67	1,00	0,67	0,33		0,33			0,33		
<i>Glycera tesselata</i>	Sd		0,33																			
<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC															0,33						
<i>Harmothoe sp</i>			0,33									0,33										
<i>Labioleaneira yhleni</i>	VTC							0,33											0,67			
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab					0,33						0,33		0,33					0,33	0,33		
Maldanidae nd																						
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	0,33	1,00	0,67	0,67	1,33	0,67	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	0,67	2,00	1,33	1,33	0,33	
<i>Melinna palmata</i>	Minut																					
<i>Minuspio cirrifera</i>	MO																					
<i>Nephtys hystricis</i>	VTC	0,33												0,33							0,33	
<i>Ninoc sp</i>		0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33					1,33		0,67				0,33	0,33	0,67		
<i>Notomastus aberans</i>	MO								0,33				0,67	0,67								
<i>Ophelia cylindricaudata</i>	Lim					0,33							0,33		0,33						0,33	
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab		0,33											0,33		0,33	0,67	0,33			0,33	0,33
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	0,33		0,67		0,33						0,33	0,33	0,33	0,33	0,33						
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	1,00		0,67		0,33	0,33	0,33	1,33	0,33	0,67	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Paragonidae nd																						
<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC	4,00	1,67	5,67	3,00	0,33	2,33	6,67	4,00	3,67	4,67	4,67	7,00	3,67	4,33	1,67	8,00	2,33	3,00	16,33	1,00	
<i>Phylo norvegica</i>	Lim							0,33														
Pilargidae nd																						
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab	0,33		0,67	0,33	0,33		0,33		0,33		1,67	1,33	0,33		0,33	2,00	0,33		0,33	1,33	
<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC															0,33	0,33					
<i>Polydora maxillosus</i>	DE																					
<i>Prionospio sp</i>					0,33								0,33									
<i>Scotetoma impariens</i>	Mixt											0,33	0,33									
<i>Scotetoma sp</i>																						
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre			0,33							0,33				0,67	0,33			0,33	0,33		
Spionidae nd																						
<i>Spionophanes bombyx</i>	SFBC							0,33				0,67										
<i>Sternaspis scutata</i>	VTC																0,33					
<i>Trachytrypae jeffreysii</i>	Sm													0,33								
Sipunculidi																						
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	0,33			1,00	0,33	1,33	0,67		0,33	0,33	0,33	1,00		0,33	1,00	1,33					
<i>Phascolion strombus</i>	Lre			0,33				0,33														
<i>Sipuncula nd</i>				0,33		0,33				0,33	0,33			0,67	0,33	0,67						0,33
Densità totale		15,67	9,67	13,33	13,33	8,33	8,67	15,33	13,00													

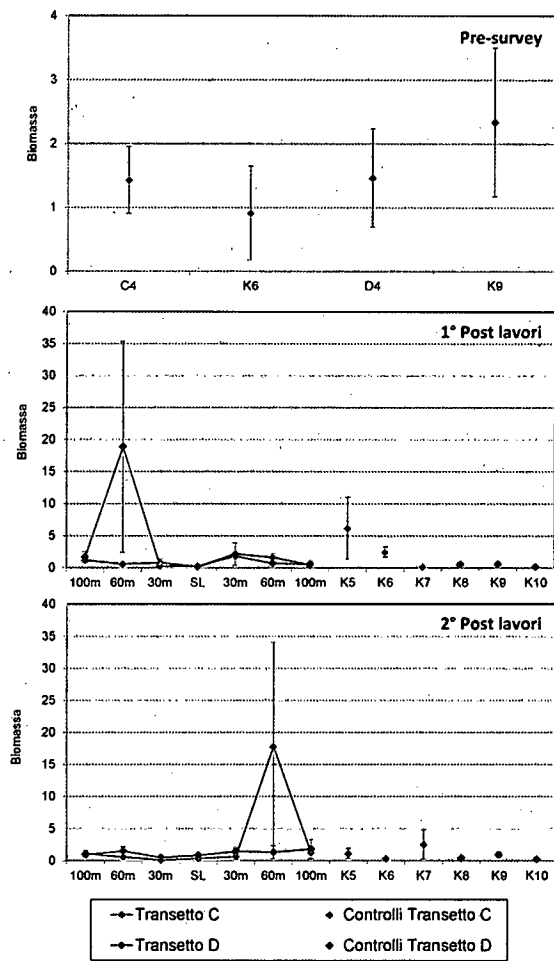


Fig. 3.8 – Biomassa (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo.

Tab. 3-XXIV – Lista e biomassa (gr/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il pre-survey. * = <0,001 gr/0,095 m².

Stazione	C4	K6	D4	K9
Distanza dal futuro sealine (m)	0	2000	0	2000
Crostacei				
Anfipodi			*	
			*	
Decapodi			0,002	
	0,026	0,010	0,031	0,039
	0,221			
		0,346		
Echinodermi				
Echinoidei	0,346			
Oloturoidei		0,001		
	0,525	0,243	0,003	
		0,200		0,525
Molluschi				
Bivalvi			0,732	
	0,010		0,047	
		0,001		
		*		
Gasteropodi		0,002	0,003	
	0,001	0,002	0,005	0,004
		0,161		1,084
Nemertini				
	0,002		0,017	0,202
Policheti				
	0,001			
		*		*
	*	*	*	*
	*	*	*	*
	0,004		0,006	
	0,001	0,002	0,010	0,206
	0,002			
	0,205	*	0,006	
	*			*
	0,070	0,296		0,081
	*	*	*	
		0,186	0,006	0,006
	0,008	0,003	0,003	0,005
			0,010	
			*	
	*			
		*	*	*
	*	*	*	*
	0,001	0,001	*	*
		0,009	0,026	
	*		*	
	0,001		0,003	
		0,001		0,008
	0,002	0,001	0,002	
			*	
			*	
Sipunculidi				
	*	0,001	0,001	0,001
		0,001		0,176
Biomassa totale	1,429	1,465	0,913	2,338

Tab. 3-XXV – Lista e biomassa (gr/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 1° survey post lavori. * = <0,001 gr/0,095 m².

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Distanza dal sea-line	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
Brizozoi																				
<i>Triticella flava</i>		0,003				*									*					
Cnidari																				
<i>Actiniaria nd</i>									0,013											
Crostacei																				
Antipodi																				
<i>Ampelisca diadema</i>												*	*							
<i>Harpinia dellavallei</i>												*								
<i>Leucothoe liljeborgi</i>												*								
<i>Microdeutopus sp</i>												*								
<i>Paraphoxus oculatus</i>						*														
Cumace																				
<i>Eudorella truncatula</i>												*								
Decapodi																				
<i>Alpheus glaber</i>			0,082				0,102													
<i>Callinassa subterranea</i>	0,001	*	*	0,005			0,001	0,016	0,010	0,019	0,076	0,070	0,025	0,002	0,010	0,015	0,021	0,043	0,004	0,017
<i>Chlorotocus crassicornis</i>			0,661																	
<i>Gonoplax rhomboides</i>		0,289	*			0,716							0,004		0,167					
Misidiae																				
<i>Misidiae nd</i>			*																	
Tanalidi																				
<i>Apsuedes spinosus</i>	*	0,001					*	*		0,001										
<i>Leptognathia sp</i>							*													
Echinodermi																				
Echinoi																				
<i>Brisopsis atlantica mediterranea</i>					1,896	0,565		5,253			0,972	17,088								
Oloturoi																				
<i>Holothuroidea nd</i>	0,241				0,117	0,137	0,258	0,337		0,129		0,116	0,126		1,141	0,140		0,035		0,169
<i>Labidoplax digitata</i>	0,749	0,029									0,402				0,391		0,478			
Molluschi																				
Bivalvi																				
<i>Abra prismatica</i>	0,001																			
<i>Azorinus chamasonen</i>								0,300	1,703											
<i>Nucula nitidosa</i>																				0,003
<i>Nucula sulcata</i>										0,335										
<i>Thyasira biplicata</i>										0,003										
Gastero																				
<i>Hyala vitrea</i>	0,002	0,005	0,002	0,002	0,004	*	0,001	0,003	0,002	0,002	0,004	0,002	0,003	0,004	0,001	0,001	0,001	0,004	0,002	0,002
<i>Turritella communis</i>													0,080			0,288		0,402	0,492	
Nemertini																				
<i>Nemertea nd</i>	0,004			*				*			0,002		0,001	0,009	0,001	*		0,001		
Policheti																				
<i>Ampharete acutifrons</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*						0,001	*	*
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	*
<i>Aphelochaete filiformis</i>	*	*	*	*	*	*		*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphelochaete marioni</i>	*	*	*	*	*	*		*	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphroditiidae nd</i>										0,089										
<i>Capitellidae nd</i>													*							
<i>Cheatozoe caputesocis</i>			*	0,006												0,002				0,001
<i>Cimatulidae nd</i>					*															0,001
<i>Dironereis filum</i>	0,002			*																
<i>Glycera alba</i>															0,086	0,006				0,003
<i>Glycera rouxii</i>								0,092	0,082		0,015	0,463	0,006		0,086	0,006				0,003
<i>Glycera sp</i>	0,025							0,001	0,032	0,001	0,001	*	0,004							
<i>Glycera tessellata</i>		0,004																		
<i>Glycera tridactyla</i>														0,044						
<i>Hamothoe sp</i>	0,001										*									
<i>Labidoleana yhlani</i>							0,047										0,109	*	*	
<i>Lumbrineris gracilis</i>					*													*	*	
<i>Matdoridae nd</i>				0,001							0,002									
<i>Marphysa bollii</i>	0,145	0,255	0,045	0,135	0,161	0,250	0,020	0,195	0,206	0,003	0,219	0,149	0,001	0,148	0,044	0,124	0,065	0,031	0,034	0,009
<i>Melinna palmata</i>												*								
<i>Minusiploa cirrifera</i>																				
<i>Nephtys hystrix</i>	0,001											0,989						0,006		
<i>Ninoe sp</i>	0,008	*	0,002	0,003	0,001	0,001				0,011		0,002					0,001	0,001	0,003	
<i>Notomastus aberens</i>								0,018				0,003								
<i>Ophelina cylindricaudata</i>		*			*						*		0,001		*		*	*	*	*
<i>Ophiotromus flexuosus</i>		*			*						*		*		*		*	*	*	*
<i>Paralipatria calliopae</i>			0,001	*	*						*		*		*		*	*	*	*
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,001	*		*	*	*			0,001	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paraonidae nd</i>	0,001	*	0,001	*	*	*	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*	0,001	*	0,001	*	*	*	0,002
<i>Paraprionospio pinnata</i>							0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*	0,003	*		*	*	*	*
<i>Phylo norvegica</i>							0,001	*	*	*	0,001	0,001	0,024	*	0,016	*	0,012	*	*	*
<i>Pilargidae nd</i>	*	*	*	*	*	*				*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>						*												*	*	0,001
<i>Poecilochetus serpens</i>																				
<i>Polydontes maxillosus</i>																				0,041
<i>Prionospio sp</i>				0,001																
<i>Scoletoma impariens</i>											0,002									
<i>Scoletoma sp</i>										*				*	0,002		0,004	0,002		
<i>Scoloplos armiger</i>			*							*				*						
<i>Spionidae nd</i>											0,001			*	*					
<i>Spiothanes bombyx</i>								*	*	*				*	*					
<i>Sternaspis scutata</i>																0,005				
<i>Trachytrypae jeffreysii</i>													0,001							
Sipunculidi																				
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,001			0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	*	0,001	0,001		0,001	0,001	0,003				
<i>Phascolion strombus</i>			0,001				0,001													
<i>Sipuncula nd</i>			0,001	*	*	*		*	*											
Biomassa totale	1,183	0,587	0,797	0,156	2,180	1,672	0,434	6,216	2,474	0,174	1,695	18,887	0,278	0,211	1,863	0,710	0,584	0,526	0,583	0,202

Tab. 3-XXVI – Lista e biomassa (gr/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 2° survey post lavori. * = <0,001 gr/0,095 m².

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Distanza dal sea-line	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
Briozoi																				
<i>Triticella flava</i>																				
Cnidari																				
Antozoi																				
<i>Anthozoa nd</i>																				
<i>Funiculina quadrangularis</i>																				
Crostacei																				
Amfipodi																				
<i>Ampelisca diadema</i>																				
<i>Harpinia dellavallei</i>																				
<i>Othomæra schmidti</i>																				
Copepodi																				
<i>Copepoda nd</i>																				
Cumacei																				
<i>Cumacea nd</i>																				
<i>Eudorella truncatula</i>																				
Decapodi																				
<i>Alpheus gibber</i>																				
<i>Callinassa subterranea</i>																				
<i>Goneplax rhomboides</i>																				
<i>Jaxea nocturna</i>																				
<i>Processa sp</i>																				
<i>Upogebia deltaura</i>																				
Isopodi																				
<i>Bopyridae nd</i>																				
<i>Gnathia sp</i>																				
Tanaidacei																				
<i>Apseudes spinosus</i>																				
Echinodermi																				
Echinoidei																				
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>																				
Oloturoidei																				
<i>Holothuridea nd</i>																				
<i>Labidoplax digitata</i>																				
Molluschi																				
Bivalvi																				
<i>Azornis chamasolen</i>																				
<i>Kurtella bidentata</i>																				
<i>Nucula sulcata</i>																				
<i>Thyasira biplicata</i>																				
Caudofoveati																				
<i>Falcidens gutturosus</i>																				
Gasteropodi																				
<i>Hyala vitrea</i>																				
<i>Turritella communis</i>																				
Nemertini																				
<i>Nemertea nd</i>																				
Platelminti																				
<i>Platelminta nd</i>																				
Policheti																				
<i>Ampharete acutifrons</i>																				
<i>Ampharetidae nd</i>																				
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>																				
<i>Aphelocheata filiformis</i>																				
<i>Aphelocheata marioni</i>																				
<i>Chaetozone caputesociis</i>																				
<i>Cirratulidae nd</i>																				
<i>Dilonereis filum</i>																				
<i>Glycera roulei</i>																				
<i>Glycera sp</i>																				
<i>Glycera tridactyla</i>																				
<i>Harmothoe sp</i>																				
<i>Hyaloides norvegicus</i>																				
<i>Labidocera ylleni</i>																				
<i>Lumbrineris gracilis</i>																				
<i>Maldanidae nd</i>																				
<i>Marphysa bellii</i>																				
<i>Micronephlys sphaerocirrata</i>																				
<i>Minusio ciferia</i>																				
<i>Nephtys hystrix</i>																				
<i>Nereididae nd</i>																				
<i>Ninoe sp</i>																				
<i>Notomastus aberans</i>																				
<i>Ophelina cylindricaudata</i>																				
<i>Ophiodromus flexuosus</i>																				
<i>Orbinidae nd</i>																				
<i>Paradiopatra celliopæ</i>																				
<i>Paralacydonia paradoxa</i>																				
<i>Paraonidae nd</i>																				
<i>Paraprionospio pinnata</i>																				
<i>Phyllodoceidae nd</i>																				
<i>Phylo norvegica</i>																				
<i>Pilargidae nd</i>																				
<i>Pilargis verrucosa</i>																				
<i>Poecilochetus serpens</i>																				
<i>Polydonte maxillosus</i>																				
<i>Prionospio sp</i>																				
<i>Scotolema impatiens</i>																				
<i>Scotolema sp</i>																				
<i>Scotoplanes armiger</i>																				
<i>Spionidae nd</i>																				
<i>Spiofanus bombyx</i>																				
<i>Sternaspis scutata</i>																				
<i>Syllis sp</i>																				
<i>Terebellidae nd</i>																				
Sipuncuili																				
<i>Aspidosiphon muelleri</i>																				
<i>Onchosesoma steenstrupi</i>																				
<i>Phascolion strombus</i>																				
<i>Sipuncula nd</i>																				
Biomassa totale	1,105	0,569	0,112	0,376	0,627	17,764	1,263	1,131	0,347	2,538	0,939	1,517	0,517	0,853	1,465	1,332	1,845	0,434	0,954	0,264

3.3.2. AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

I taxa di fondo mobile sono risultati i più rappresentati in tutti i monitoraggi (Tab. 3-XXVIIa e 3-XXVIIb); in particolare, le specie limicole (legate alla presenza di fango) hanno sempre costituito il raggruppamento biocenotico più importante in tutte le stazioni sia in termini di numero di specie che di densità, seguiti dagli indicatori di materia organica nei sedimenti.

Tutte le altre categorie ecologiche sono apparse, ove presenti, meno rappresentative. La distribuzione dei gruppi biocenotici è sempre stata piuttosto simile tra le due aree circostanti la condotta sottomarina e i siti di controllo.

Tab. 3-XXVII – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nel 1° survey post lavori suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alle Tabb. 3-XXI - 3-XXIII.

a)				
Pre-survey				
	C4	K6	D4	K9
Limicoli (Lim, VTC, VB)	12	14	12	8
Sabulicoli (Sab, SFBC)	2		1	1
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)		2	1	1
Indicatori di Materia Organica (MO)	5	6	5	3
Substrato duro (Sd)			1	1
Larga ripartizione ecologica (Lre)		2	1	

1° Post Lavori																				
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Substrato mobile non in letter. (Sm)												1								
Limicoli (Lim, VTC, VB)	9	6	7	7	6	6	7	5	5	5	8	9	9	6	10	10	6	7	4	4
Sabulicoli (Sab, SFBC)		2		1	1	1	1					2		3		1	2	2	1	1
Misticoli (Mixt, DC, DE)	1							1	1		1	1	1							1
Indicatori di Materia Organica (MO)	3	1	2	1	1	2	2	4	4	2	3	5	3	2	1	3	1	2	3	2
Minuticoli (Minut)										1										
Substrato duro (HP)	1	1						1												
Larga ripartizione ecologica (Lre)			2					1	1	1										

2° Post Lavori																				
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Substrato mobile non in letter. (Sm)																				
Limicoli (Lim, VTC, VB)	6	6	6	9	9	7	7	11	6	13	12	13	11	12	12	11	9	7	5	6
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1		1		2				1	3	2	2	4	3		1	1			1
Misticoli (Mixt, DE, DL)	2	1				1	1		1	1		1	2			1	1			2
Indicatori di Materia Organica (MO)	3	3	3	3	2	2	1	3	3	3	4	4	3	2	3	3	3	2	2	1
Minuticoli (Minut)																				
Substrato duro (HP, Sd)			1	1	1														1	
Larga ripartizione ecologica (Lre)								1		1				1						

b)				
Pre-survey				
	C4	K6	D4	K9
Limicoli (Lim, VTC, VB)	6,33	15,33	6,33	9,33
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,67		0,33	0,33
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)		0,67	0,33	0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	5,33	4,00	2,33	1,00
Substrato duro (Sd)			0,33	0,33
Larga ripartizione ecologica (Lre)		0,67	0,33	

1° Post Lavori																				
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Substrato mobile non in letter. (Sm)												0,33								
Limicoli (Lim, VTC, VB)	6,00	5,67	4,00	7,00	5,67	3,33	4,67	4,67	4,00	6,00	12,33	10,00	8,33	4,00	6,33	7,67	6,33	9,33	5,00	5,33
Sabulicoli (Sab, SFBC)		0,67		0,33	0,33	0,33	0,33					0,67	0,00	1,00		0,67	0,67	0,67	1,33	0,33
Misticoli (Mixt, DC, DE)	0,33				0,33			0,33	0,67		0,33	3,67	0,33							0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	2,67	0,33	1,33	1,00	0,33	1,33	2,33	1,67	2,33	1,67	1,33	2,67	2,33	1,00	1,00	3,00	0,67	1,33	2,00	0,67
Minuticoli (Minut)										0,33										
Substrato duro (HP)	0,33	0,33						0,33		0,33										
Larga ripartizione ecologica (Lre)			0,67					0,33	0,33											

2° Post Lavori																				
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Substrato mobile non in letter. (Sm)																				
Limicoli (Lim, VTC, VB)	2,67	2,67	6,33	5,33	9,67	4,00	5,67	6,33	4,67	10,00	12,33	15,33	13,33	10,67	8,33	13,67	6,00	7,33	8,00	7,67
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,67		0,33		0,67					0,33	1,33	0,67	2,00	1,00						1,00
Misticoli (Mixt, DE, DL)	0,67	0,67				0,67	0,33		0,33	0,33		0,33	1,00				0,33	0,33		0,67
Indicatori di Materia Organica (MO)	1,33	1,33	1,33	2,00	2,00	1,67	1,00	1,00	1,67	2,00	4,00	4,67	4,67	1,67	2,33	3,67	1,67	1,33	1,00	0,67
Minuticoli (Minut)																				
Substrato duro (HP, Sd)			0,33	0,33	1,00														0,33	
Larga ripartizione ecologica (Lre)								0,33		1,00				0,33						

3.3.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 18 taxa che complessivamente hanno costituito dal 74% (pre-survey) al 78% (1° post lavori) delle comunità, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.9).

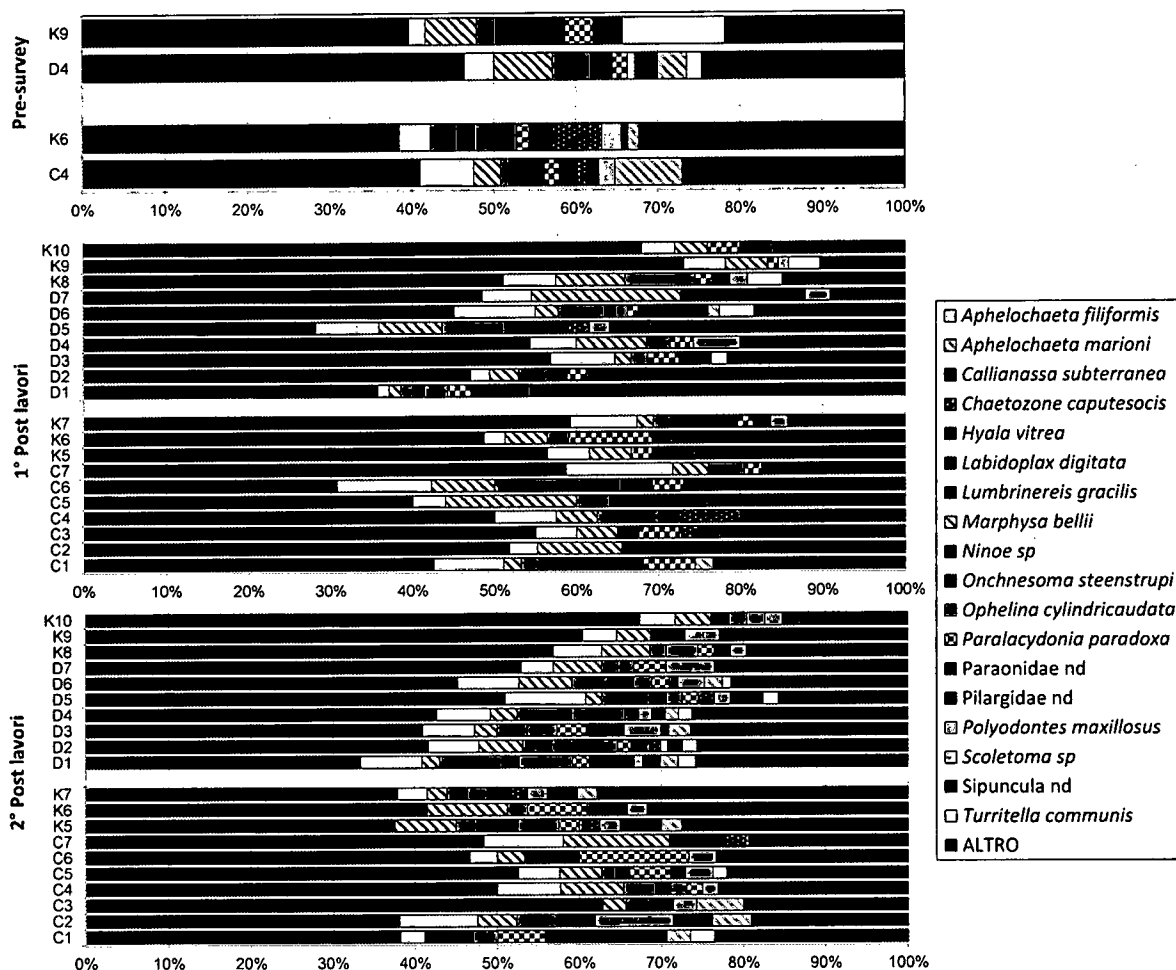


Fig. 3.9 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nell'intero periodo di indagine.

In tutti i monitoraggi i policheti appartenenti alla famiglia Paraonidae sono risultati il taxon dominante nella maggior parte dei siti, raggiungendo il massimo nel controllo K9 durante il 1° survey post lavori (62,8%). Altre specie molto importanti sono il gasteropode *H. vitrea* e il decapode *C. subterranea*. Nell'ultimo monitoraggio questi due taxa, entrambi tipici di fondali limosi, hanno assunto importanza diversa nei due transetti, risultando il primo più rappresentativo lungo C e il secondo lungo D. Altre specie degne di nota sono i policheti *Marphysa bellii* e *Aphelochaeta filiformis*. Rispetto al pre-survey nell'ultimo

monitoraggio sono variati i contributi percentuali dei taxa sopra nominati, con un aumento dei paraonidi in C4 e K6 e una riduzione di *H. vitrea* e *C. subterranea*. In D4 e K9 questi tre taxa hanno mostrato un comportamento opposto. Tutte le altre specie riportate in fig. 3.9, con qualche eccezione, hanno rappresentato meno del 10% nei vari survey. La categoria "altro" è sempre apparsa ben rappresentata ovunque.

Le curve di dominanza cumulativa (fig. 3.9) prima dell'installazione della condotta avevano evidenziato un'omogeneità tra i siti C4 e K6, risultati simili anche a D4. La curva del controllo K9, invece, appariva distaccata dalle altre per la maggiore importanza delle specie principali. Nel 1° post solo i controlli K9 e K10 erano leggermente distaccati dalle altre stazioni, mentre nel 2° post è stata riscontrata una generale similitudine tra i siti.

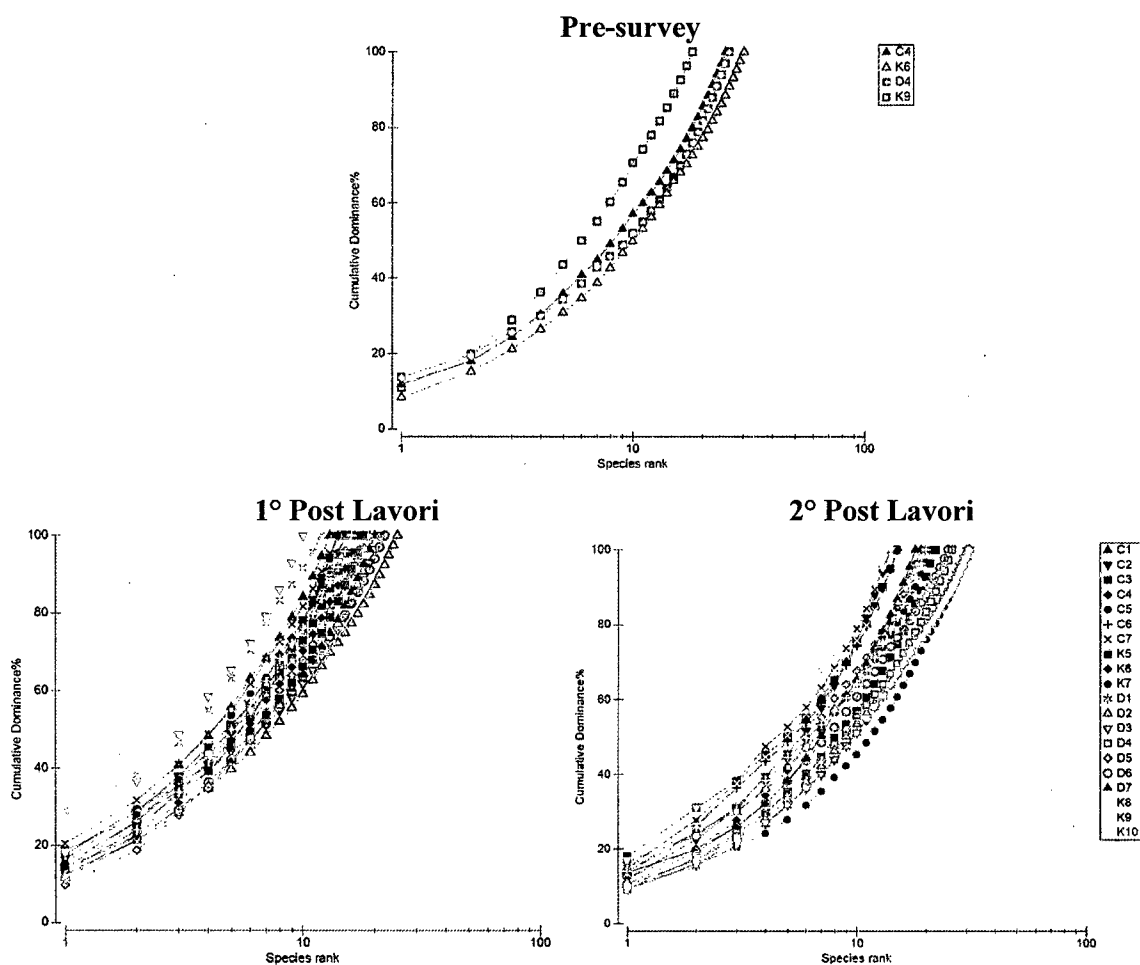


Fig. 3.9 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nell'intero periodo di indagine.

3.3.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nel pre-survey erano stati complessivamente rinvenuti 46 taxa (Tab. 3-XXVIII). Nel 1° monitoraggio post lavori ne sono stati censiti 72 e nel 2° post 79. In tutto il periodo policheti, crostacei e molluschi sono stati i raggruppamenti meglio rappresentati.

E' interessante che nella fase post lavori, nonostante il notevole aumento del numero di siti monitorati, i molluschi siano rimasti invariati rispetto al pre-survey e che gli echinodermi siano addirittura lievemente diminuiti.

Tab. 3-XXVIII - Numero complessivo di taxa suddivisi nei gruppi tassonomici rinvenuti nel 1° survey post lavori.

	Pre-survey	1° Post Lavori	2° Post Lavori
Briozoi		1	1
Cnidari		1	2
Crostacei	6	13	15
Echinodermi	4	3	3
Molluschi	7	7	7
Nemertini	1	1	1
Platelminti			1
Policheti	26	43	45
Sipunculidi	2	3	4
TOTALE	46	72	79

Nell'ultimo monitoraggio il transetto C è risultato decisamente meno ricco in specie rispetto a D (fig. 3.10). I valori sono infatti oscillati tra 14 (C2 e C7) e 21 (C5). Solo C4 e C5, dove si è registrata la S maggiore, sono apparsi simili ai controlli K5 e K6 ma fortemente meno colonizzati rispetto a K7 (31). Lungo D i valori più alti sono stati raggiunti nel tratto D1-D3 (30-31). Altrove S è apparsa compresa tra 19 (D5) e 26 (D4). Solo D5 e D7 sono rientrate nel range di K8-K10; le altre stazioni hanno presentato un'S maggiore rispetto ai riferimenti.

In ogni caso, tutte le stazioni campionate nell'ultimo survey si sono arricchite in specie rispetto al 1° post eccetto 4 di C (C2, C3, C6 e C7) e D5 rimaste praticamente invariate. Rispetto invece al pre-survey, l'indice si è ridotto in C4, K6 e K9 ed è rimasto identico in D4.

I policheti hanno rappresentato il gruppo principale in tutte le stazioni, seguiti da crostacei e molluschi. Gli echinodermi ove presenti sono stati rappresentati al massimo da 2 specie eccetto in D4 nel pre-survey (3 specie).

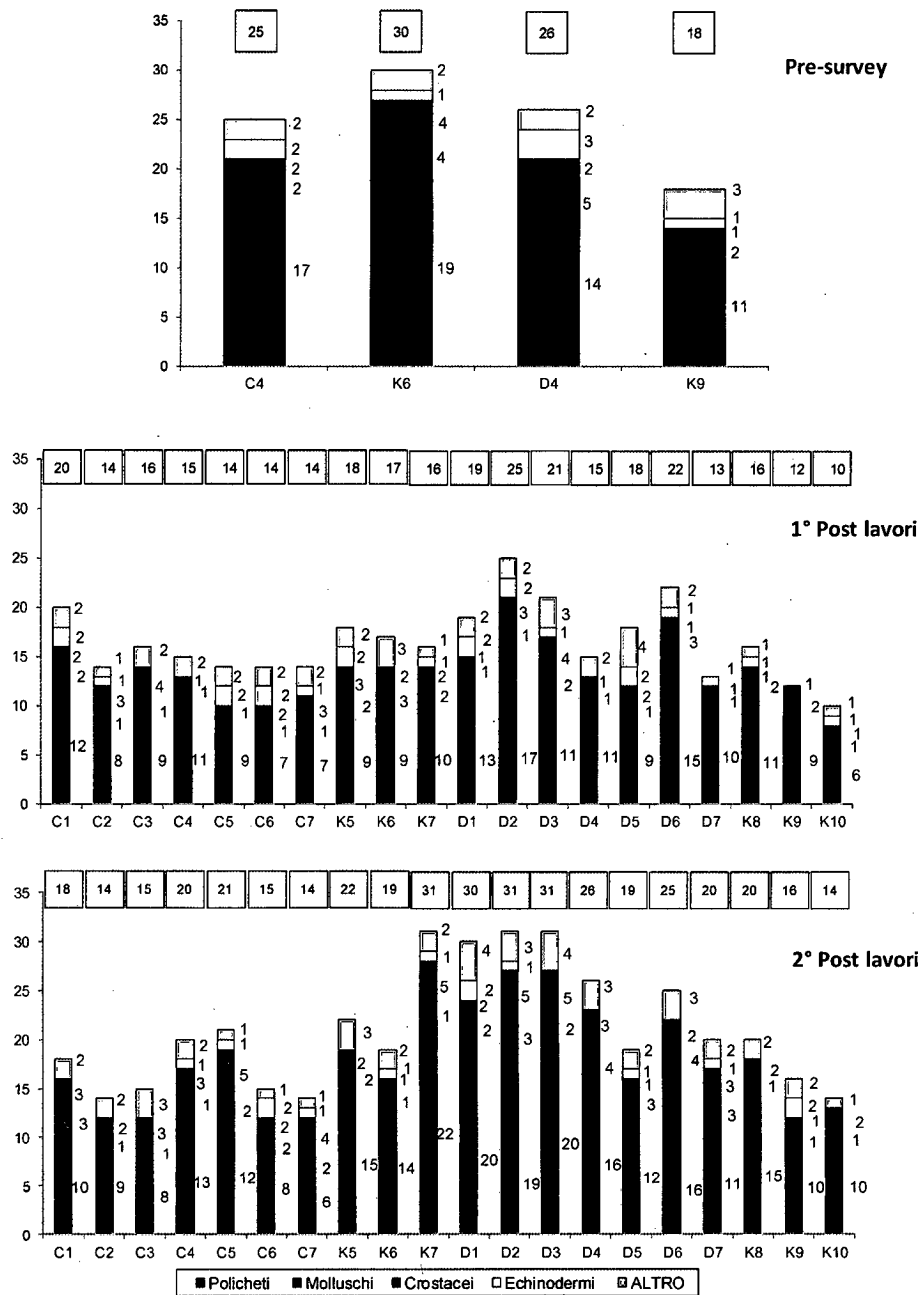


Fig. 3.10 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'intero periodo. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

3.3.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M)

S_M ha presentato trend simili a quelli osservato per la densità e la Ricchezza specifica totale nei due survey effettuati dopo l'installazione della condotta (fig. 3.11). Lungo il transetto C S_M è oscillata tra $5,33 \pm 2,19$ (C2) e $9,67 \pm 0,67$ (C4) risultando confrontabile tra i vari siti. Solo C7 è apparsa inferiore ai controlli K5-K7. Il range del transetto D è apparso più ampio variando tra $9,67 \pm 1,79$ (D5) e $17,00 \pm 4,62$ (D3), con valori quasi sempre maggiori

rispetto a C. Quattro stazioni su sette hanno presentato valori superiori anche a quelli di K8-K10, dove l'indice è oscillato tra $7,33 \pm 0,88$ (K10) e $9,33 \pm 1,86$ (K8). Rispetto al 1° post il transetto C non è variato molto, mentre in D molti dei valori sono aumentati. Anche rispetto al pre-survey non vi sono stati cambiamenti eccetto il decremento il K6.

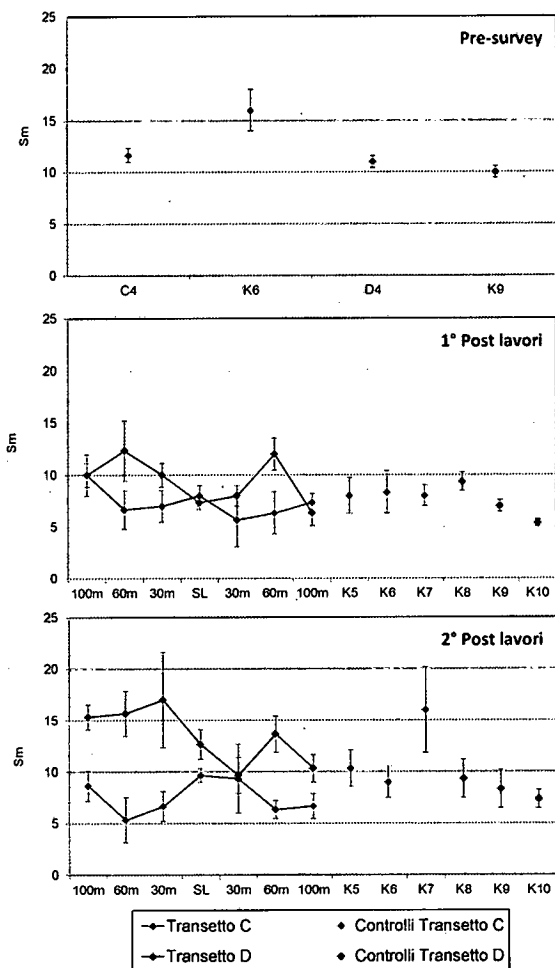


Fig. 3.11 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo.

3.3.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Anche per questo indice i valori maggiori sono stati registrati lungo D, eccetto a 30 m a SSW rispetto al sea-line in cui sono stati comparabili (fig. 3.12), soprattutto a causa della maggiore quantità di specie rispetto al transetto C. I controlli K5-K6 ($2,03 \pm 0,11 \leq H' \leq 2,49 \pm 0,24$) hanno compreso il range di C eccetto il valore relativo C6 ($1,70 \pm 0,07$). Quelli dei controlli K8-K10 ($1,73 \pm 0,16 \leq H' \leq 1,92 \pm 0,22$) sono invece risultati inferiori rispetto al tratto D1-D3 e a D6 (massimo del transetto D in D3: $2,49 \pm 0,08$). Rispetto al 1°

monitoraggio post lavori sono da segnalare solo gli aumenti in alcuni siti di D, in K7 e in K9, mentre rispetto al pre-survey sono leggermente diminuiti i valori di C4 e K6.

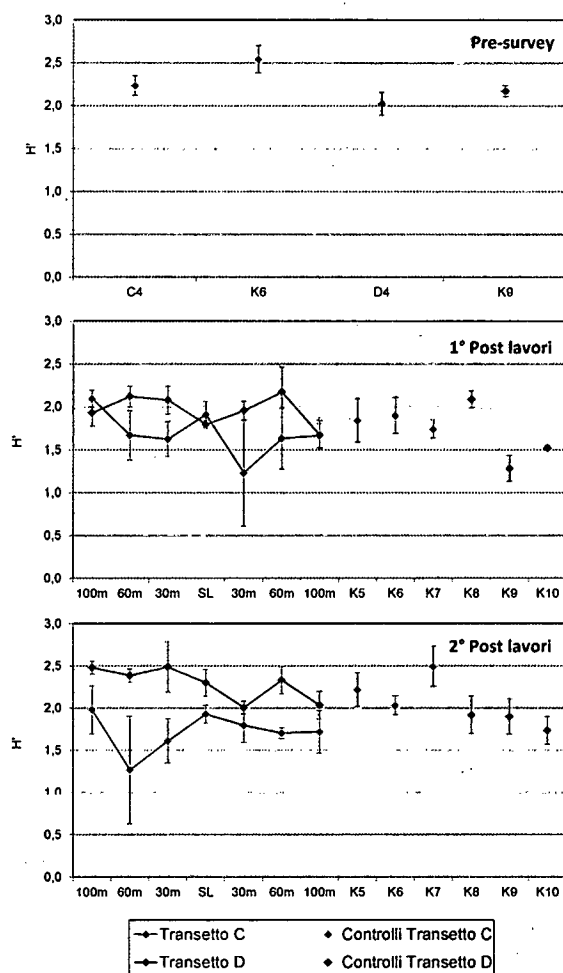


Fig. 3.12 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo.

3.3.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie campionate nell'intero periodo ha evidenziato una buona omogeneità sia in termini di siti, sia di periodi di monitoraggio (figg. 3.13a e 3.13b). Sono solo leggermente distaccate alcune stazioni del transetto C monitorate nei due survey successivi all'installazione della condotta assieme ai controlli K9 e K10 del 1° post (verso destra in basso nel plotter).

La causa di questa generale omogeneità è da ricercare sia nella similitudine dei popolamenti in cui le specie principali non sono variate, sia nei loro quantitativi comparabili (figg. 3.13c - 3.13f). Il leggero distacco dei siti C e dei due controlli è stato determinato dai minori quantitativi di alcuni di questi taxa.

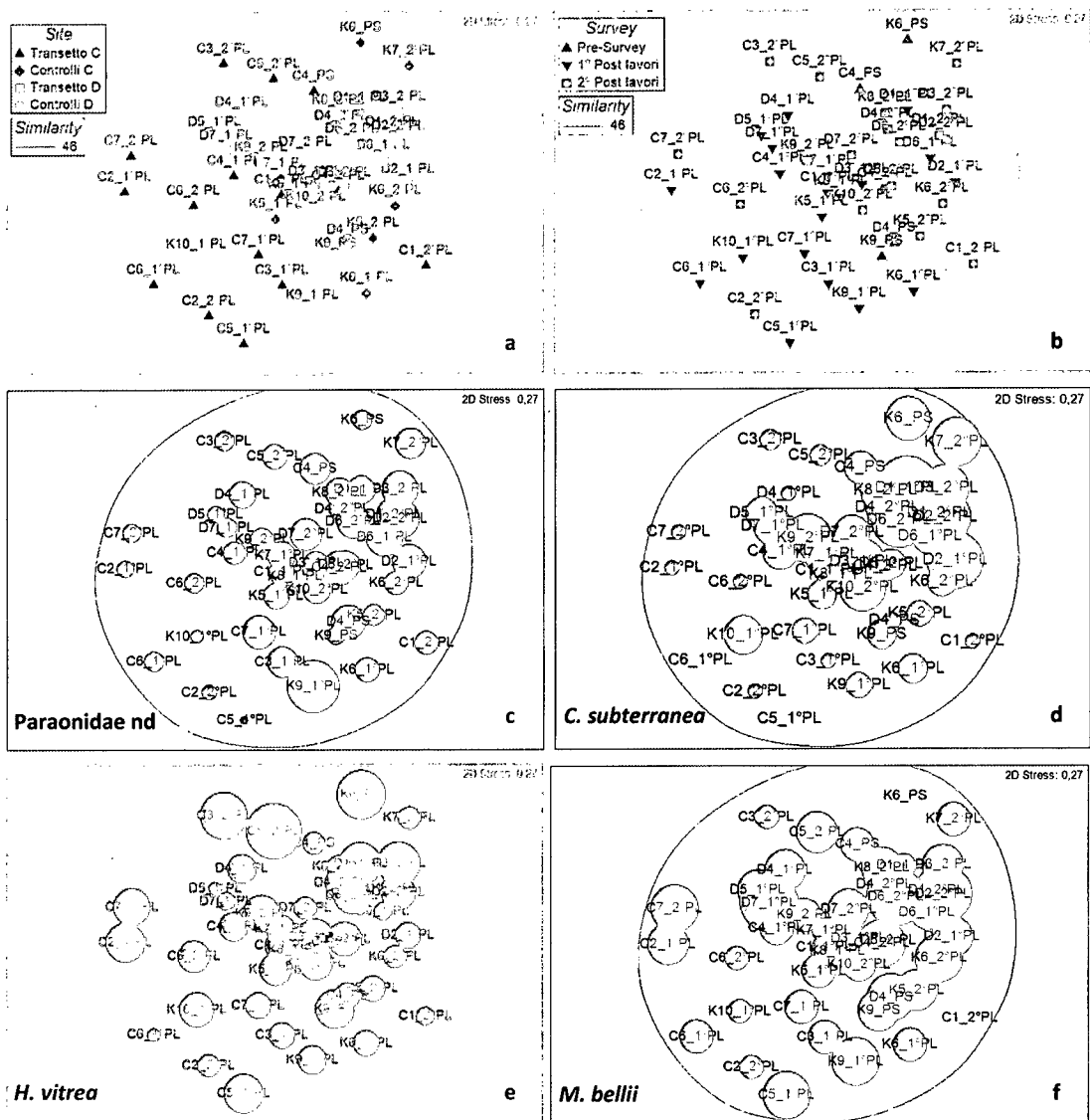


Fig. 3.13 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell'intero periodo tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.3.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

3.3.8.1 Indice W di Clarke

Questo indice ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato sempre e ovunque eccetto nel sito C6 dell'ultimo monitoraggio che è risultato non disturbato (Tab. 3-XXIX).

Tab. 3-XXIX – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nei tre survey condotti sinora. C4 e D4 = siti corrispondenti al sea-line.

	Stazione	W	Classificazione ambientale
Pre-survey	C4	0,495	Leggermente disturbato
	K6	0,428	Leggermente disturbato
	D4	0,433	Leggermente disturbato
	K9	0,426	Leggermente disturbato
1° Post lavori	C1	0,515	Leggermente disturbato
	C2	0,535	Leggermente disturbato
	C3	0,547	Leggermente disturbato
	C4	0,419	Leggermente disturbato
	C5	0,680	Leggermente disturbato
	C6	0,588	Leggermente disturbato
	C7	0,391	Leggermente disturbato
	K5	0,593	Leggermente disturbato
	K6	0,520	Leggermente disturbato
	K7	0,307	Leggermente disturbato
	D1	0,465	Leggermente disturbato
	D2	0,597	Leggermente disturbato
	D3	0,388	Leggermente disturbato
	D4	0,478	Leggermente disturbato
	D5	0,533	Leggermente disturbato
	D6	0,423	Leggermente disturbato
	D7	0,505	Leggermente disturbato
	K8	0,451	Leggermente disturbato
	K9	0,322	Leggermente disturbato
	K10	0,444	Leggermente disturbato

	Stazione	W	Classificazione ambientale
2° Post lavori	C1	0,661	Leggermente disturbato
	C2	0,546	Leggermente disturbato
	C3	0,395	Leggermente disturbato
	C4	0,487	Leggermente disturbato
	C5	0,445	Leggermente disturbato
	C6	0,708	Non disturbato
	C7	0,497	Leggermente disturbato
	K5	0,615	Leggermente disturbato
	K6	0,452	Leggermente disturbato
	K7	0,576	Leggermente disturbato
	D1	0,477	Leggermente disturbato
	D2	0,432	Leggermente disturbato
	D3	0,457	Leggermente disturbato
	D4	0,478	Leggermente disturbato
	D5	0,505	Leggermente disturbato
	D6	0,460	Leggermente disturbato
	D7	0,547	Leggermente disturbato
	K8	0,498	Leggermente disturbato
	K9	0,471	Leggermente disturbato
	K10	0,341	Leggermente disturbato

3.3.8.2 Indice AMBI

Anche l'indice AMBI (Tab. 3-XXX) ha evidenziato una situazione di leggero disturbo ovunque eccetto in C5 campionata nel 1° post lavori e in C3, C5 e C6 del 2° post lavori in cui l'ambiente è stato classificato come non disturbato. Mentre nel 1° post nella maggior parte dei siti avevano prevalso le specie "tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti" (gruppo ecologico III), nel 2° post sono apparse percentualmente più importanti quelle "indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo" (gruppo ecologico II), sostituite in alcuni siti dai taxa del gruppo ecologico I (sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali).

3.3.8.3 Indice BENTIX

Anche nell'estate 2016 l'indice BENTIX (Tab. 3-XXXI) ha fornito risultati leggermente più negativi rispetto agli altri due indici, classificando alcuni siti come moderatamente disturbati, situazione riscontrata a partire dal pre-survey. In quell'occasione si trattava delle due stazioni in corrispondenza delle quali sarebbe stata installata la condotta. Nel 1° survey

pos lavori la situazione era migliorata in C4 e rimasta invariata in D4. Nell'ultimo monitoraggio entrambi questi siti sono risultati leggermente disturbati. E' da rilevare che tutti i sei controlli nel 2° post sono apparsi leggermente disturbati come nel pre-survey.

Tab. 3-XXX – Suddivisione percentuale nei 5 gruppi ecologici (I = specie molto sensibili; II = specie indifferenti all'arricchimento organico; III = specie tolleranti; IV = specie opportuniste di II ordine; V = specie opportuniste di I ordine) delle specie rinvenute nei siti monitorati nei tre survey condotti sinora e classificazione del disturbo ambientale secondo l'indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione. C4 e D4 = siti corrispondenti al sea-line.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
Pre-survey	C4	16,7	25,0	46,7	11,7	0	2,300	Leggermente disturbato
	K6	42,3	14,1	33,3	10,3	0	1,673	Leggermente disturbato
	D4	26,8	21,4	46,4	5,4	0	1,955	Leggermente disturbato
	K9	33,3	37,5	29,2	0,0	0	1,438	Leggermente disturbato
1° Post lavori	C1	31,9	19,1	46,8	2,1	0,0	1,787	Leggermente disturbato
	C2	39,3	25,0	35,7	0,0	0,0	1,446	Leggermente disturbato
	C3	25,6	17,9	53,8	2,6	0,0	2,000	Leggermente disturbato
	C4	28,2	10,3	53,8	7,7	0,0	2,115	Leggermente disturbato
	C5	64,0	24,0	8,0	4,0	0,0	0,780	Non disturbato
	C6	36,0	20,0	44,0	0,0	0,0	1,620	Leggermente disturbato
	C7	26,1	8,7	65,2	0,0	0,0	2,087	Leggermente disturbato
	K5	30,8	12,8	56,4	0,0	0,0	1,885	Leggermente disturbato
	K6	27,0	27,0	45,9	0,0	0,0	1,784	Leggermente disturbato
	K7	18,4	20,4	61,2	0,0	0,0	2,143	Leggermente disturbato
	D1	31,9	13,0	55,1	0,0	0,0	1,848	Leggermente disturbato
	D2	33,3	16,7	47,6	1,2	1,2	1,804	Leggermente disturbato
	D3	32,0	14,0	52,0	2,0	0,0	1,860	Leggermente disturbato
	D4	22,9	22,9	51,4	2,9	0,0	2,014	Leggermente disturbato
	D5	47,4	10,5	36,8	5,3	0,0	1,500	Leggermente disturbato
	D6	23,9	14,1	57,7	4,2	0,0	2,134	Leggermente disturbato
	D7	21,2	30,3	48,5	0,0	0,0	1,909	Leggermente disturbato
	K8	31,9	23,4	44,7	0,0	0,0	1,691	Leggermente disturbato
	K9	11,5	15,4	71,8	1,3	0,0	2,442	Leggermente disturbato
K10	40,0	12,0	44,0	4,0	0,0	1,680	Leggermente disturbato	
2° Post lavori	C1	29,4	55,9	11,8	2,9	0,0	1,324	Leggermente disturbato
	C2	33,3	47,6	14,3	4,8	0,0	1,357	Leggermente disturbato
	C3	54,3	31,4	8,6	5,7	0,0	0,986	Non disturbato
	C4	17,3	57,7	23,1	1,9	0,0	1,644	Leggermente disturbato
	C5	50,0	39,7	10,3	0,0	0,0	0,905	Non disturbato
	C6	33,3	56,7	10,0	0,0	0,0	1,150	Non disturbato
	C7	46,7	33,3	13,3	6,7	0,0	1,200	Leggermente disturbato
	K5	32,5	42,5	15,0	10,0	0,0	1,537	Leggermente disturbato
	K6	22,0	56,1	22,0	0,0	0,0	1,500	Leggermente disturbato
	K7	25,0	41,3	28,7	5,0	0,0	1,706	Leggermente disturbato
	D1	34,1	39,6	23,1	3,3	0,0	1,434	Leggermente disturbato
	D2	27,3	44,5	22,7	5,5	0,0	1,595	Leggermente disturbato
	D3	29,1	41,7	24,3	4,9	0,0	1,573	Leggermente disturbato
	D4	31,1	37,7	29,5	1,6	0,0	1,525	Leggermente disturbato
	D5	33,3	43,1	19,6	3,9	0,0	1,412	Leggermente disturbato
	D6	22,0	41,8	33,0	3,3	0,0	1,764	Leggermente disturbato
	D7	20,8	60,4	18,8	0,0	0,0	1,469	Leggermente disturbato
	K8	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	1,750	Leggermente disturbato
	K9	29,2	39,6	31,2	0,0	0,0	1,531	Leggermente disturbato
K10	23,9	50,0	26,1	0,0	0,0	1,533	Leggermente disturbato	

Tab. 3-XXXI – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale i siti monitorati nei tre survey condotti sinora. C4 e D4 = siti corrispondenti al sea-line.

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
Pre-survey	C4	3,15	Moderatamente disturbato
	K6	3,61	Leggermente disturbato
	D4	3,25	Moderatamente disturbato
	K9	4,13	Leggermente disturbato
1° Post lavori	C1	3,49	Moderatamente disturbato
	C2	3,24	Moderatamente disturbato
	C3	3,23	Moderatamente disturbato
	C4	3,60	Leggermente disturbato
	C5	3,92	Leggermente disturbato
	C6	3,77	Leggermente disturbato
	C7	3,07	Moderatamente disturbato
	K5	3,28	Moderatamente disturbato
	K6	3,38	Moderatamente disturbato
	K7	3,59	Leggermente disturbato
	D1	4,00	Leggermente disturbato
	D2	4,26	Leggermente disturbato
	D3	3,37	Moderatamente disturbato
	D4	2,69	Moderatamente disturbato
	D5	4,31	Leggermente disturbato
	D6	3,52	Leggermente disturbato
	D7	4,18	Leggermente disturbato
K8	3,87	Leggermente disturbato	
K9	2,87	Moderatamente disturbato	
K10	3,76	Leggermente disturbato	

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
2° Post lavori	C1	3,53	Leggermente disturbato
	C2	3,71	Leggermente disturbato
	C3	3,03	Moderatamente disturbato
	C4	3,54	Leggermente disturbato
	C5	3,29	Moderatamente disturbato
	C6	3,33	Moderatamente disturbato
	C7	3,42	Moderatamente disturbato
	K5	3,80	Leggermente disturbato
	K6	3,66	Leggermente disturbato
	K7	3,76	Leggermente disturbato
	D1	3,94	Leggermente disturbato
	D2	3,77	Leggermente disturbato
	D3	3,25	Moderatamente disturbato
	D4	4,03	Leggermente disturbato
	D5	3,33	Moderatamente disturbato
	D6	3,66	Leggermente disturbato
	D7	3,32	Moderatamente disturbato
K8	3,88	Leggermente disturbato	
K9	3,75	Leggermente disturbato	
K10	3,91	Leggermente disturbato	

3.3.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XXXII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici. In tutti i tre survey esso è oscillato tra buono e buono/moderato. Nell'ultimo monitoraggio si è verificato un miglioramento dello stato lungo C rispetto al survey precedente. Lungo D, invece, anche nel 2° post sono risultate buone/moderate tre stazioni come già osservato, anche se sono cambiati i siti interessati. I controlli sono ritornati alla situazione del pre-survey, mentre C4 e D4 appaiono migliorati.

Tab. 3-XXXII – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici. C4 e D4 = siti corrispondenti al sea-line.

	Stazione	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
		Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
Pre-survey	C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K9	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
1° Post lavori	C1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	C2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	C3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	C5	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	C6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	C7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	D4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	D5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K9	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K10	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
2° Post lavori	C1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	C2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	C3	Leggermente disturbato	Non disturbato	Moderatamente disturbato	Buono
	C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	C5	Leggermente disturbato	Non disturbato	Moderatamente disturbato	Buono
	C6	Non disturbato	Non disturbato	Moderatamente disturbato	Buono
	C7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	D4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	D6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	D7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K9	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K10	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono

4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma Clara NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Calipso. Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle prescrizioni dell'ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-ISMAR di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell'oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-ISMAR di Ancona dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra; (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2017a; 2017b; 2017c; 2017d); e) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Clara NW.

Per quanto concerne la condotta sottomarina, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti i sedimenti (granulometria, IPA, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo) e la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica.

Il monitoraggio comprende 3 fasi:

- a. fase precedente alla posa in opera (pre-survey);
- b. fase di esercizio;
- c. fase di fine esercizio.

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti sino al 1° anno della fase di esercizio del sea-line.

Caratteristiche sedimentologiche - A un anno dalla realizzazione della condotta sottomarina i sedimenti non risultano alterati rispetto alla fase precedente di monitoraggio. Gli IPA sono apparsi decisamente modesti, in concentrazioni notevolmente inferiori agli LCB riportati da ICRAM-APAT (2007) e ai tenori rilevati nel pre-survey. Gli Idrocarburi totali leggeri non sono stati mai rilevati e i pesanti sono stati quantificati esclusivamente in

un sito durante il pre-survey. Anche le concentrazioni di tutti i metalli pesanti sono risultate molto basse, tanto che le differenze sia temporali che spaziali sono da ritenere trascurabili. Si segnala solo l'anomalia relativa all'arsenico rilevata a 60 m a SSW rispetto alla condotta lungo il transetto C, comunque insufficiente per ritenere, almeno per il momento, che il sea-line abbia effetti sulle dinamiche di questo metallo. Quasi tutti i metalli per i quali nel DM 173 2016 sono riportati Livelli Chimici di Riferimento Nazionali hanno presentato concentrazioni notevolmente inferiori a tali limiti. L'arsenico è risultato superiore in tre siti del transetto C, mentre cromo e nichel hanno superato sempre i rispettivi livelli di riferimento sin dal pre-survey, pertanto non per cause relazionabili alla presenza della condotta. Nulla da rilevare per sostanza organica e TOC.

Ecotossicologia dei sedimenti - Nel 2° survey condotto dopo la posa della condotta sottomarina i sedimenti si sono dimostrati ottimali per la crescita algale di *Dunaliella tertiolecta* e per la bioluminescenza di *Vibrio fischeri*, nei confronti dei quali non sono state rilevate variazioni a partire dal pre-survey. Nel caso della sopravvivenza dell'anfipode *Corophium orientale* è stata rilevata solo una tossicità bassa nel sito a 60 m a NNE lungo il transetto C (C2) indicando un notevole miglioramento dei sedimenti sia dei transetti che di controllo rispetto all'inverno 2016.

Anche il test riguardante lo sviluppo larvale del mollusco bivalve *Crassostrea gigas* ha suggerito un miglioramento delle condizioni dei sedimenti rispetto al 1° survey post lavori, indicando la presenza di tossicità bassa esclusivamente nei due siti corrispondenti alla condotta sottomarina e nei due controlli. Non sono state ancora raggiunte le condizioni ottimali del pre-survey, ma il rinvenimento di tossicità anche ai controlli esclude il coinvolgimento della condotta. Infine, la maggior parte dei metalli ricercati nel test di bioaccumulo condotto utilizzando policheti afferenti alla specie *Hediste diversicolor* è risultata in concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità o alla concentrazione relativa al bianco. E' stato infatti rilevato solo un bioaccumulo di nichel nei due controlli K6 e K9, a 60 m a SSW lungo D (D6) e nel sito corrispondente alla condotta del medesimo transetto (D4), di mercurio nei due riferimenti e in presso il sea-line sempre lungo D (D4), di piombo a 60 m NNE lungo C (C2) e uno più esteso di silicio che ha interessato tutte le stazioni ad esclusione di K9. Rispetto all'inverno 2016 la maggior parte dei metalli ricercata è rimasta non rilevabile o presente in concentrazioni inferiori a quelle del bianco; per alcuni di essi (cadmio, arsenico e mercurio) è avvenuto un miglioramento, per altri (nichel e silicio) un peggioramento, che comunque ha coinvolto anche i siti di controllo.

Indagini sulla comunità bentonica - La comunità bentonica rinvenuta nell'estate 2016 è

apparsa abbastanza povera in termini di numero di individui e di specie, con popolamenti costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile, confermando i risultati precedenti.

In tutte le stazioni le specie limicole hanno rappresentato il raggruppamento biocenotico più importante, sia in termini di numero di taxa che in termini di densità. I policheti sono risultati il taxon principale, seguiti da molluschi e crostacei, con valori piuttosto confrontabili tra le differenti stazioni. Rispetto ai monitoraggi precedenti non sono state rilevate variazioni degne di nota per quanto concerne né la densità, né la composizione delle comunità essendo i taxa principali sempre gli stessi. E' invece aumentata la Ricchezza specifica nelle singole stazioni di monitoraggio, soprattutto lungo il transetto D che è apparso più ricco e diversificato rispetto all'altro e anche rispetto ai controlli corrispondenti.

In generale, comunque, è stata riscontrata una certa omogeneità tra l'area circostante la condotta e le stazioni di controllo, come anche evidenziato dall'MDS.

Lo stato ecologico relativo ai diversi siti campionati, derivato dalla combinazione dei tre indici W di Clarke, AMBI, BENTIX, è risultato compreso tra buono e buono/moderato sia lungo i transetti che nei controlli come precedentemente. Nell'ultimo campionamento è da segnalare un miglioramento lungo C dove è aumentato il numero di stazioni con uno stato buono rispetto all'inverno 2016.

4. BIBLIOGRAFIA

- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment-associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA: 1072-1121.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalghe*. ASTM E1218-04-E1. 14 pp.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724-98. 21 pp.
- Augier H. 1992. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthique de la Méditerranée*. Conseil de l'Europe. U.E.R. Des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Luminy Marseille. 59 pp.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Bellan Santini D., Ledoyer M. 1972. Inventaire des amphipodes gammariens récoltés dans la Région de Marseille. *Tethys*, 4 (4): 899-934.
- Bellan G., Bellan Santini D., Picard J. 1980. Mise en évidence de modèles eco-biologiques dans des zones soumises à perturbations par matières organiques. *Oceanol. Acta*, 3: 383-390.
- Bettencourt A., Bricker S.B., Ferriera J.G., Franco A., Marques J.C., Melo J.J., Nobre A., Ramos L., Reis C.S., Salas F., Silva M.C., Simas T., Wolff W. 2004. *Typology and reference conditions for Portuguese transitional and coastal waters*. Instituto da Agua. Instituto do Mar, Lisbon.
- Bianchi C.N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F., Morri C. 1993. Benthos dei mari toscani. I: Livorno – Isola d'Elba (Crociera ENEA 1985). *ENEA Arcipelago Toscano – Serie Studi Ambientali*: 263-291.
- Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.
- Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.
- Chimenz Gusso C., Gravina M.F., Maggiore F.R. 2001. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 175-182.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24(2): 133-140.
- EC. 2003. *Towards a guidance on establishment of the intercalibration network and the processes on the intercalibration exercise*. CIS Working Group 2.5 (Intercalibration), Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission. 54 pp.

- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests*. EPA/600/R-93/183. 246 pp.
- EPA. 2003a. *Volatile organic compounds in various sample matrices using equilibrium headspace analysis*. EPA METHOD 5021A. 25 pp.
- EPA. 2003b. *Nonhalogenated organics using gc/fid*. EPA METHODS 8015D. 37 pp.
- EPA. 2007a. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. EPA METHOD 7473. 15 pp.
- EPA. 2007b. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. EPA METHOD 7010. 24 pp.
- EPA. 2007c. *Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry*. EPA METHOD 6010C. 34 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001a. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M. 2001b. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Anemone (1999-2000). Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 119 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Panfili M. 2002. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Calpurnia. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2000-2001)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 65 + IX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi "Naomi-Pandora". Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi "Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)". Rapporto conclusivo di due anni di indagine*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. –

- Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + xlvi pp.
- Fabi G., Bolognini L., De Ranieri S., Domenichetti F., Nasci C., Penna P., Santelli A., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea. Il anno dopo la posa in opera della piattaforma, III anno dopo la posa del sea-line - Rapporto finale (estate 2006 - estate 2009)*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 307 + XLV pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L., Spagnolo A. 2016a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. Il anno successivo ai lavori di installazione (2012). Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 228 + LXXIII pp.
- Fabi G., Bolognini L., Campanelli A. De Biasi A.M., Girasole M., Gomiero A., Malaspina S., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Il anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto finale (estate 2011 - inverno 2012)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 271 + CV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 2° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2015). Rapporto n.6*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 222 + LXVI pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., M. Girasole, A. Gomiero, Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Fauzia a Barbara B. 2° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2015). Rapporto n. 6*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 222 + LXXXVI pp.
- ICRAM. 2001. *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)*.
- ICRAM-APAT. 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*. 72 pp.
- ISO 2004. *Determination of content of hydrocarbon in the range C10 to C40 by gas chromatography*. ISO 16703:2004. 18 pp.
- ISO. 2005. *Water quality - determination of acute toxicity of marine or estuarine sediment to amphipods*. ISO 16712:2005(E). 15 pp.
- Law R.J. 1978. Determination of petroleum hydrocarbons in water, fish and sediments following the Ekofisk blow-out. *Mar. Poll. Bul.*, 9: 321-324.
- Losso C., Picone M., Arizzi Novelli A., Delaney E., Ghetti P.F., Volpi Ghirardini A. 2007. Developing toxicity scores for embryotoxicity tests on elutriates with the sea urchin *Paracentrotus lividus*, the oyster *Crassostrea gigas* and the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53: 220–226.
- May R.M. 1979. Patterns of Species Abundance and Diversity. Pagg. 81-120, in: Cody M.L. and Diamond J.M. (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*, 4.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.*, 55: 13-29.
- Nodot C., Bourcier M., Juedy De Grissac A., Hursner S., Regis J., Tine J. 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). 2. La Grande Rade. *Tethys*, 11: 141-153.

- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York. 424 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogaster, Gastropoda)*. Vol. 1. Publ. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.
- Salen-Picard C. 1985. Indicateurs biologiques et sédimentation en milieu circalitoral Méditerranéen. *Rapp. p. v. Réu. Comm. Int. pour l'Explor. Sci. Mer Médit.*, 29: 5.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Medit. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- Spagnolo A., Punzo E., Santelli A., Scarcella G., Strafella P., Grati F., Fabi G. 2014. Offshore platforms: comparison of five benthic indicators for assessing the macrozoobenthic stress level. *Mar. Pollut. Bull.*, 82: 55-65.
- Teixeira H., Salas F., Pardal M.A., Marques J.C. 2007. Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystem: a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.
- UNI EN ISO. 2000. *Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Skeletonema costatum e Phaeodactylum tricornutum*. UNI EN ISO 10253:2000. 14 pp.
- Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004. The use of BENTIX in Assessing Ecological Quality of coastal waters across the Mediterranean. Proceedings of an international workshop on the promotion and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems. Intergovernmental Oceanographic Commission. Workshop Report n. 195: 19-22.

ALLEGATO A

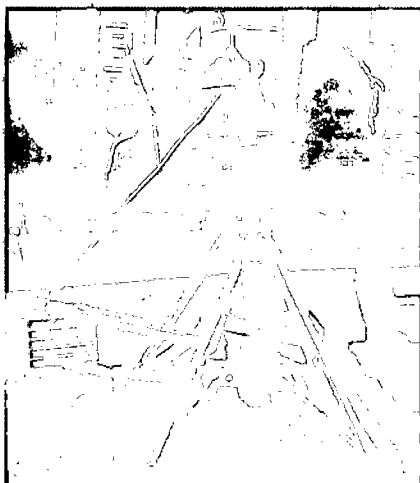
SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

UTILIZZATA NELLE INDAGINI

A1

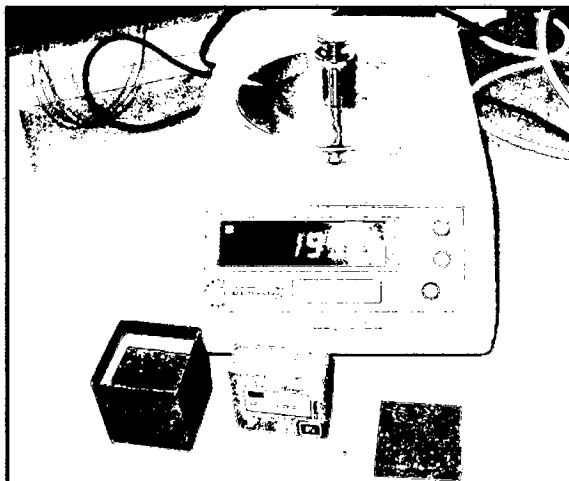
INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

A1-I BOX-CORER per il prelievo dei campioni



Materiale	Dimensione scatola campionatore (cm)
Ferro zincato	17x10x24,5h

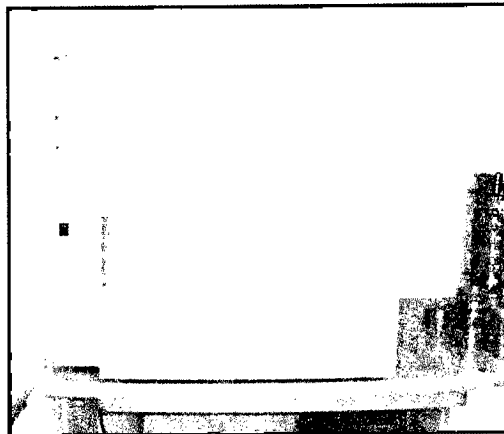
A1-II BILANCIA ELETTRONICA



Le bilance elettroniche sono sensibili all'accelerazione di gravità; pertanto, in accordo con la direttiva 90/384, devono essere calibrate nel luogo di utilizzo con masse tarate in classe F1 che corrispondono a un peso di 200 g.

Strumento	Costruttore	Modello	Sensibilità	Capacità
Bilancia elettronica	Gibertini Elettronica S.r.l.	EU 2000	±0,01 g	1000 g

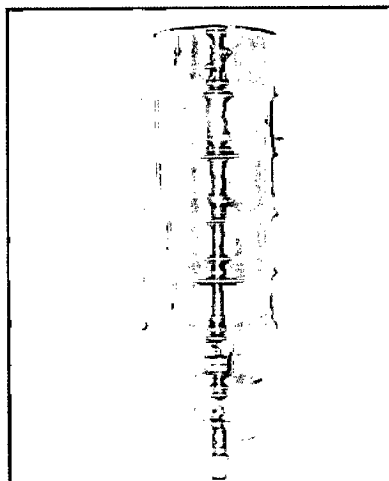
A1-III STUFA TERMOSTATA "HIGH PERFORMANCE"



Strumento	Costruttore	Modello	Capacità (litri)	Temperatura (°C)	Precisione (°C)
Stufa termostata	F.lli Galli G&P	2100	96	50 - 300	±2

Ogni sei mesi viene inserito un termometro per verificare che la temperatura della stufa resti costante. La lettura del termometro viene eseguita ogni 45 minuti per una durata totale della prova di 3 ore. E' accettata una variazione di 2°C rispetto alla temperatura iniziale.

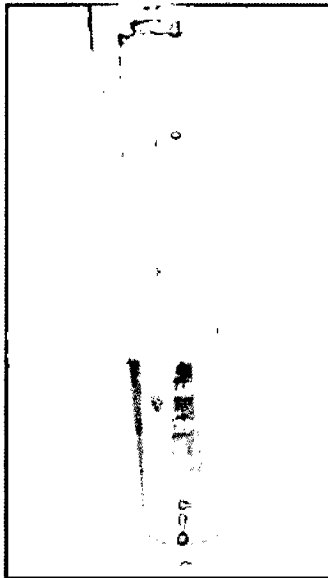
A1-IV SETACCI



Strumento	Costruttore	Serie	Materiale	Diametro (mm)	Dimensione delle maglie (μ)
Setacci normalizzati	Giuliani Teconologie S.r.l.	ASTM	acciaio inox	100 - 200	63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000

Periodicamente si verifica che le maglie abbiano mantenuto le dimensioni e la forma originaria e si testa la regolarità delle saldature.

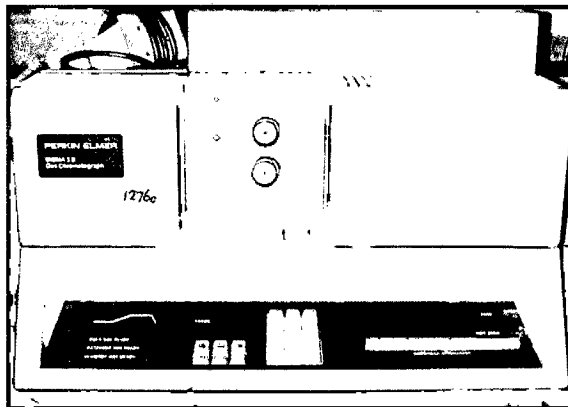
A1-V DENSIMETRO



Strumento	Costruttore	Serie	Scala (ml)	Divisione (ml)	Zavorra	Taratura (°F)
Densimetro per terreni	Vetrotecnica	Normale ASTM	0,995 - 1,040	0,001	piombo	68/68

Lo strumento non necessita di verifica e taratura. Viene sostituito quando la scala graduata non è più visibile.

A1-VI GAS-CROMATOGRAFO DOPPIA COLONNA, RIVELATORE FID - PERKIN ELMER SIGMA3B - DUAL FID



Il controllo interno della taratura dello strumento viene effettuato preliminarmente all'avvio di ogni indagine commissionata. Il controllo esterno e l'eventuale taratura ordinaria sono condotti annualmente da un Tecnico incaricato dalla Ditta costruttrice, quando il controllo interno risulta sfavorevole.

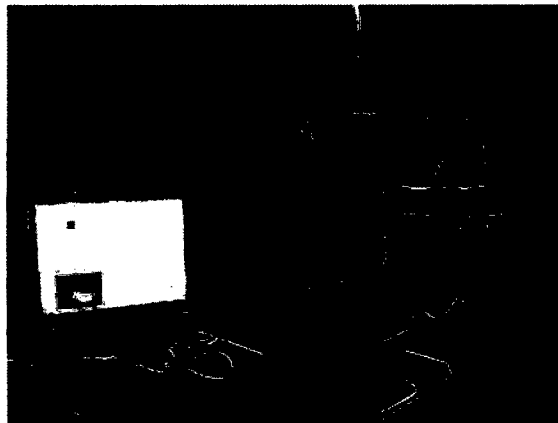
A1-VII DMA 80 per la misurazione del MERCURIO



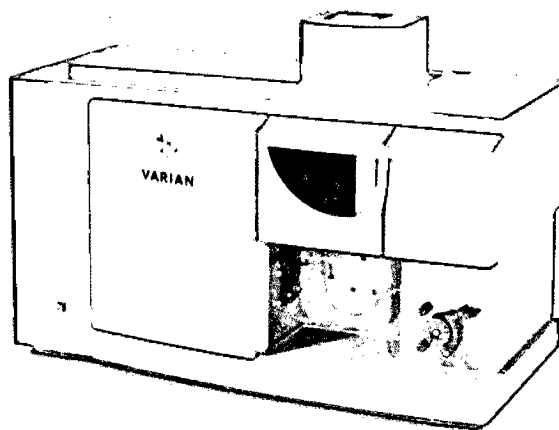
Consente di effettuare analisi per la determinazione diretta del contenuto di mercurio su matrici di varia natura, senza che si rendano necessari trattamenti chimici del campione.

A1-VIII VARIAN SPECTRA AA-240 Z per la misurazione di CADMIO e PIOMBO E ARSENICO

Spettrofotometro ad assorbimento atomico usato mediante l'impiego del fornetto di grafite con piattaforma pirolitica. La correzione del rumore di fondo è assicurata dalla correzione di background trasversa "Zeeman" e dall'interpolazione polinomiale per la correzione delle interferenze. Al fine di ridurre il rumore di fondo e il limite di rivelabilità e di incrementare la sensibilità vengono utilizzate lampade monoelemento a catodo cavo.

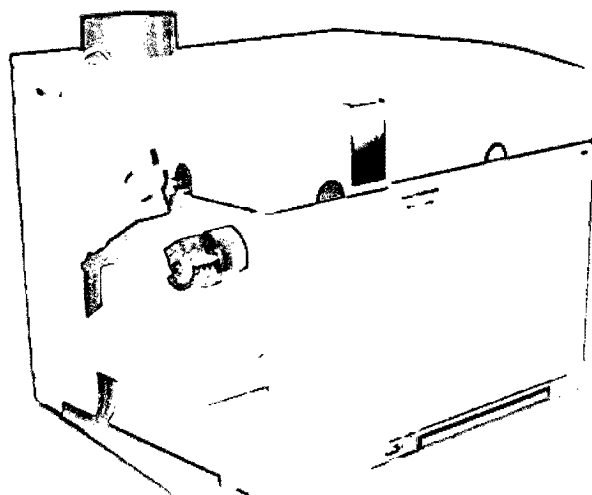


A1-IX VARIAN ICP-720ES per la misurazione di ALLUMINIO, BARIO, FERRO, CROMO, NICHEL, RAME, SILICIO, VANADIO e ZINCO



Spettrofotometro ad emissione atomica al plasma ad accoppiamento induttivo (ICP) e lettura sequenziale. Il sistema di raccolta della radiazione emessa dal plasma è di tipo assiale. Il generatore di radiofrequenze è 40 MHz. Per il raffreddamento del plasma viene impiegato argon ultrapuro.

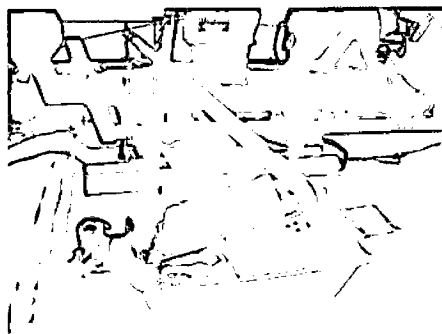
A1-X ICP-MS Agilent Mod. 7700 per la misurazione dell'INDIO



A2

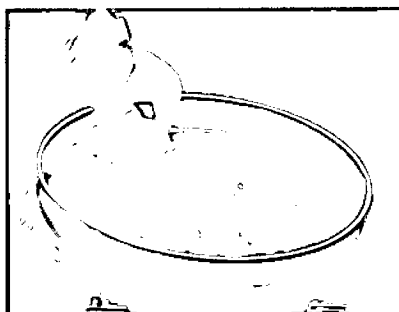
INDAGINI SULLA COMUNITA' BENTONICA

A2-I BENNA VAN VEEN



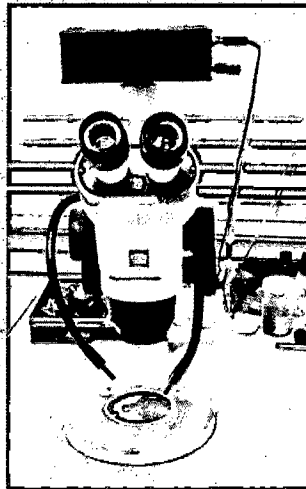
Materiale	superficie di sedimento campionata (m ²)
Acciaio	0,095

A2-II SETACCIO



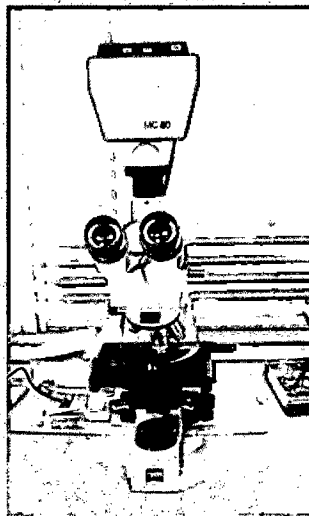
Materiale	Lato maglia (mm)
Acciaio inox	0,5

A2-III MICROSCOPIO STEREO ZEISS STEMI 2000-C



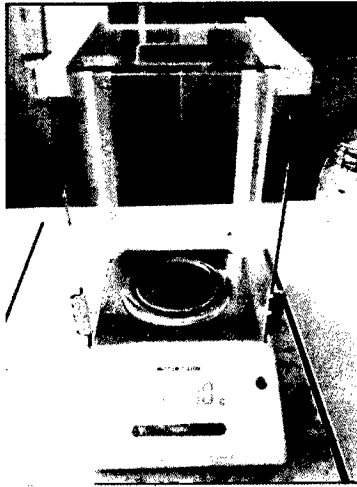
Range dello zoom: 0,65x...5,0x.

A2-IV MICROSCOPIO OTTICO ZEISS AXIOLAB



Obiettivi in dotazione: 10x, 40x, 100x.

A2-V BILANCIA ANALITICA



Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Capacità
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

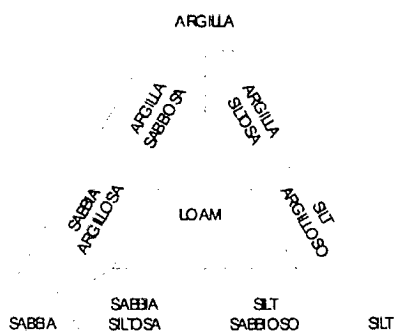
ALLEGATO B

SCHEDE GRANULOMETRICHE DEI SITI POSTI NELL'AREA DEL SEA-LINE E DEI CONTROLLI

K5 - K10

2° SURVEY POST LAVORI DI INSTALLAZIONE

2° semestre 2016



Stazione C1 (100 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	54,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

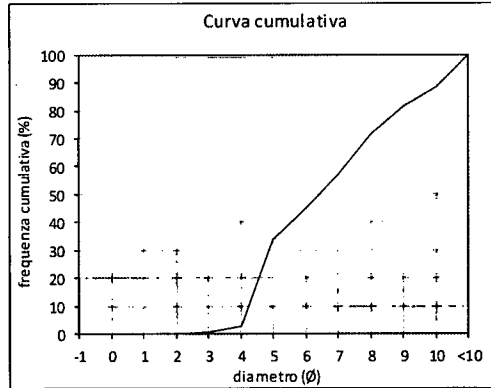
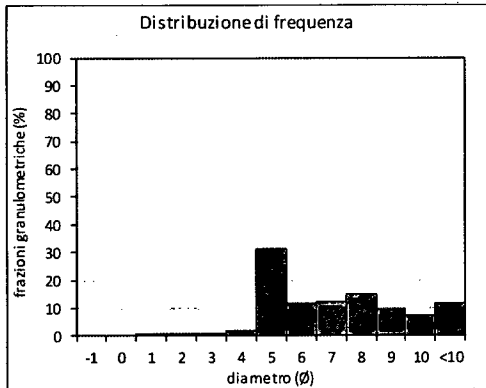
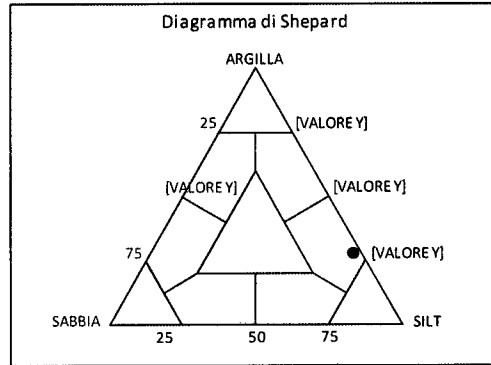
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,75	5	4,08
Mediana	M _d	6,42	16	4,43
Classazione	σ	2,23	25	4,72
	k _i		50	6,42
Appuntimento	K _G	0,73	75	8,35
			84	9,40
			95	10,57

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,1	0,2
	3	125	0,4	0,6
	4	62,5	2,0	2,6
LIMO	5	31,2	31,0	33,6
	6	15,6	11,4	44,9
	7	7,8	12,0	57,0
	8	3,9	14,8	71,7
ARGILLA	9	2	9,4	81,1
	10	0,98	7,3	88,4
	<10	<0,98	11,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	2,6	69,1	28,3

NOTE
Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione C2 (60 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	43,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _f	6,33	5	4,08
Mediana	M _d	6,37	16	4,44
Classazione	σ	1,80	25	4,74
			50	6,37
Appuntimento	K _g	0,80	75	7,68
			84	8,17
			95	9,81

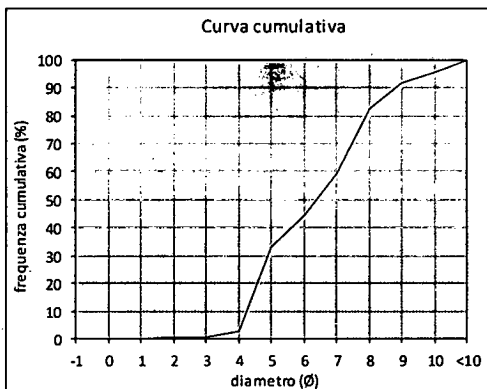
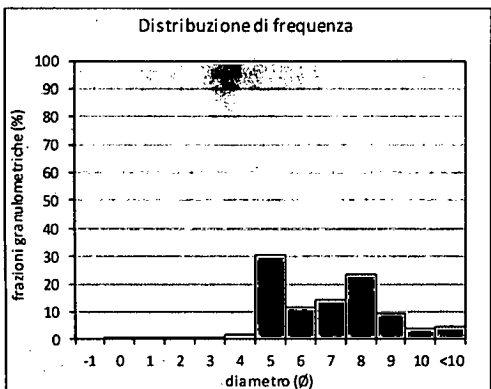
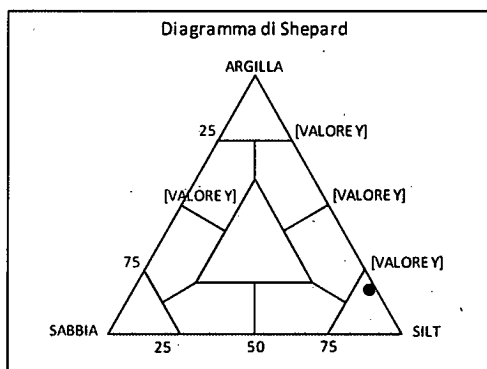
	φ	μm	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,2	0,3
	3	125	0,4	0,7
	4	62,5	1,9	2,6
LIMO	5	31,2	30,4	33,0
	6	15,6	11,7	44,7
	7	7,8	14,2	58,9
	8	3,9	23,5	82,4
ARGILLA	9	2	9,4	91,8
	10	0,98	3,9	95,7
	<10	<0,98	4,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	2,6	79,9	17,6

NOTE

Le frazioni da 2000 μm fino a 250 μm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione C3 (30 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	47,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,63	5	4,14
Mediana	M _d	6,71	16	4,57
Classazione	σ	1,89	25	4,92
	k _i		50	6,71
Appuntimento	K _G	0,80	75	7,94
			84	8,60
			95	9,99

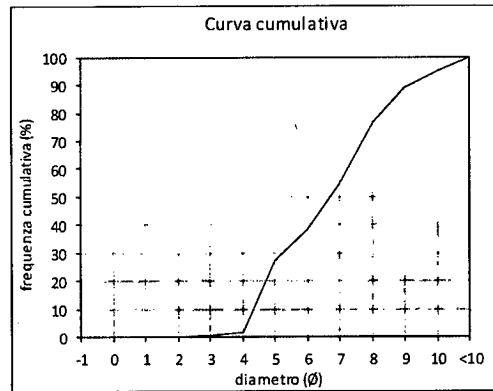
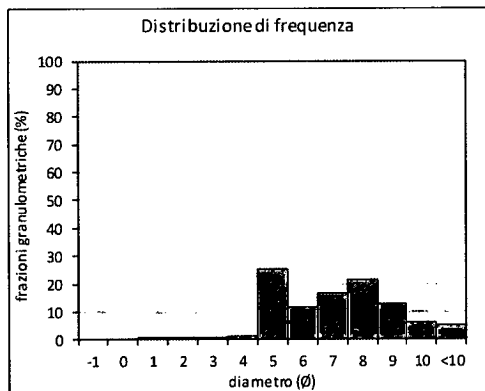
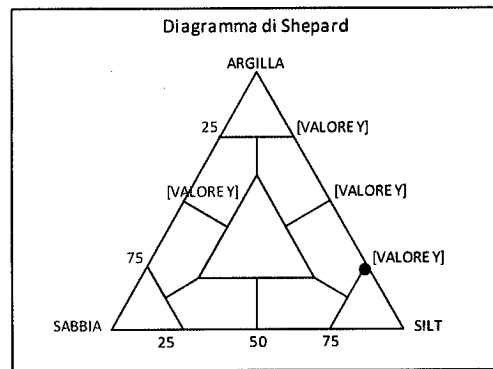
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,0	0,0
	2	250	0,1	0,1
	3	125	0,2	0,3
	4	62,5	1,2	1,5
LIMO	5	31,2	25,4	26,9
	6	15,6	11,4	38,3
	7	7,8	16,5	54,8
	8	3,9	21,6	76,4
ARGILLA	9	2	12,6	89,0
	10	0,98	6,0	95,0
	<10	<0,98	5,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	1,5	74,9	23,6

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione C4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _f	6,69	5	4,14
Mediana	M _d	6,73	16	4,60
Classazione	σ	1,92	25	4,98
			50	6,73
Appuntimento	K _G	0,77	75	8,10
			84	8,73
			95	10,00

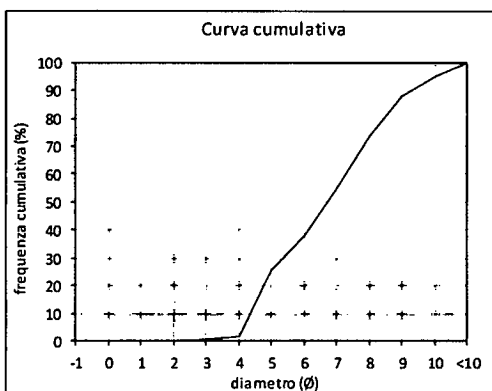
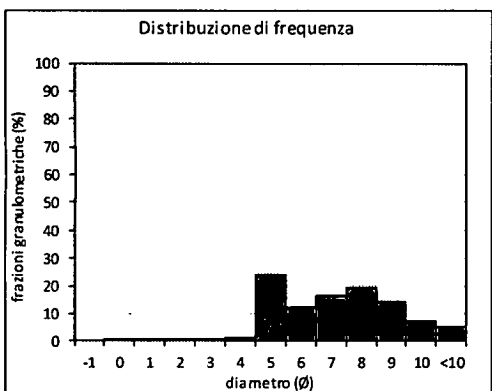
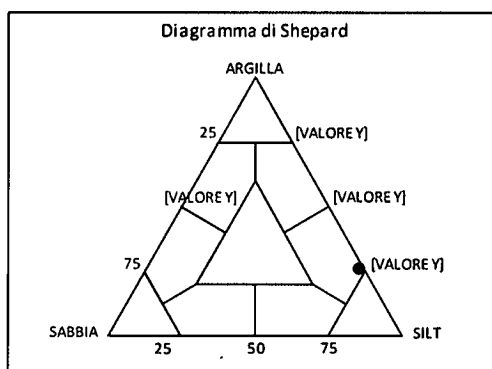
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,0	0,1
	2	250	0,1	0,1
	3	125	0,3	0,4
	4	62,5	1,2	1,6
LIMO	5	31,2	24,0	25,6
	6	15,6	12,4	37,9
	7	7,8	16,6	54,6
	8	3,9	19,0	73,6
ARGILLA	9	2	14,3	87,9
	10	0,98	7,2	95,0
	<10	<0,98	5,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	1,6	72,0	26,4

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione C5 (30 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	47,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

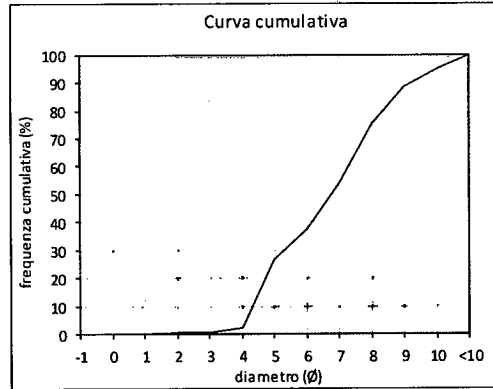
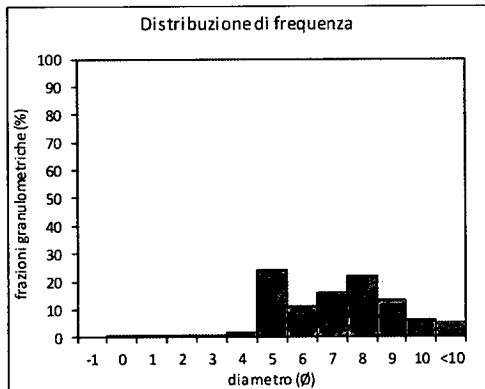
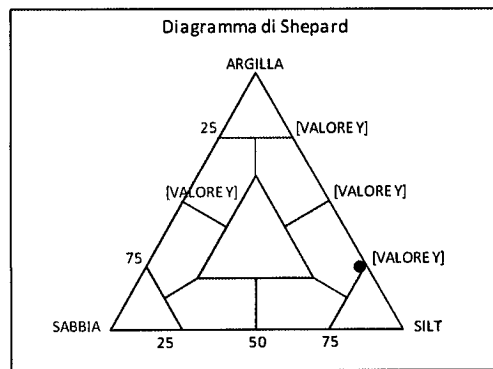
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _a	6,67	5	4,11
Mediana	M _d	6,78	16	4,57
Classazione	σ	1,92	25	4,94
Appuntamento	K _a	0,80	50	6,78
			75	7,98
			84	8,65
			95	10,05

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,1	0,3
	3	125	0,4	0,7
	4	62,5	1,6	2,4
LIMO	5	31,2	24,0	26,4
	6	15,6	11,0	37,4
	7	7,8	16,1	53,5
	8	3,9	22,0	75,5
ARGILLA	9	2	13,0	88,5
	10	0,98	6,2	94,7
	<10	<0,98	5,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	2,4	73,1	24,5

NOTE
Le frazioni da 2000 μm fino a 250 μm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntamento	Platicurtica



Stazione C6 (60 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	55,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,04	5	4,08
Mediana	M _d	7,13	16	4,58
Classazione	σ	2,19	25	4,99
Appuntimento	k _i	0,74	50	7,13
	K _G		75	8,56
			84	9,41
			95	10,55

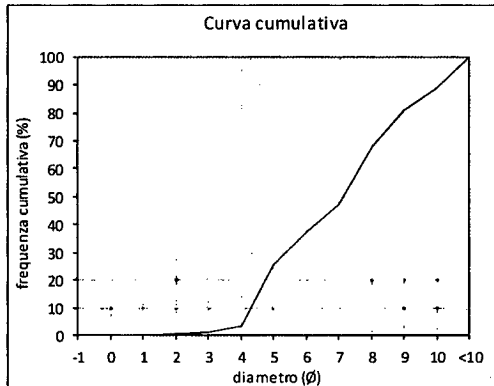
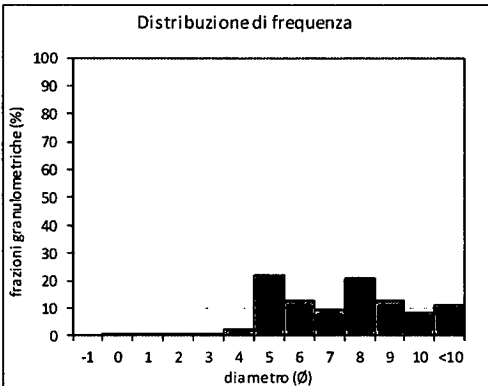
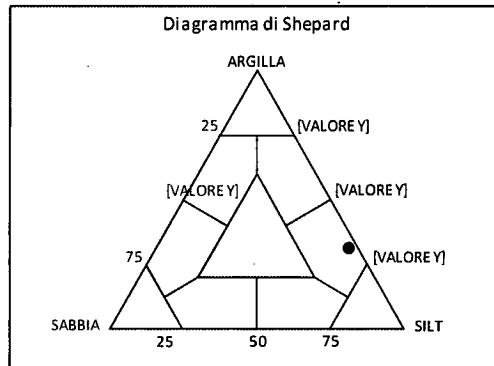
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,2	0,3
	3	125	0,6	0,9
	4	62,5	2,2	3,1
LIMO	5	31,2	22,2	25,3
	6	15,6	12,4	37,7
	7	7,8	9,6	47,2
	8	3,9	20,7	67,9
ARGILLA	9	2	12,7	80,6
	10	0,98	8,3	88,9
	<10	<0,98	11,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	3,1	64,8	32,1

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione C7 (100 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	45,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

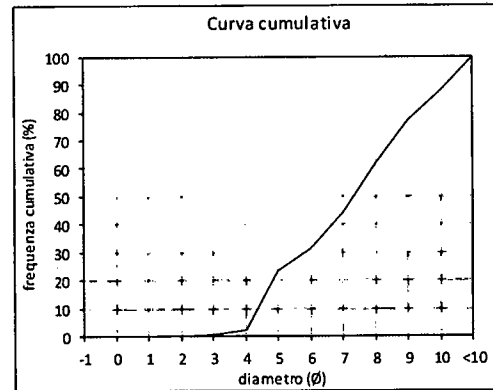
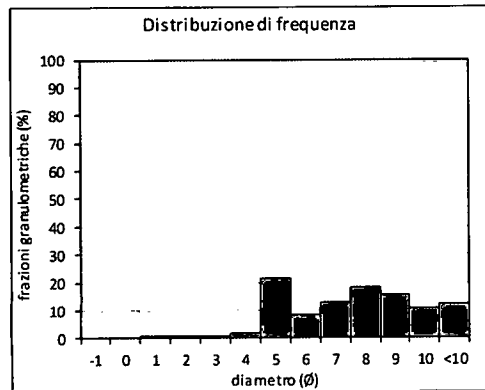
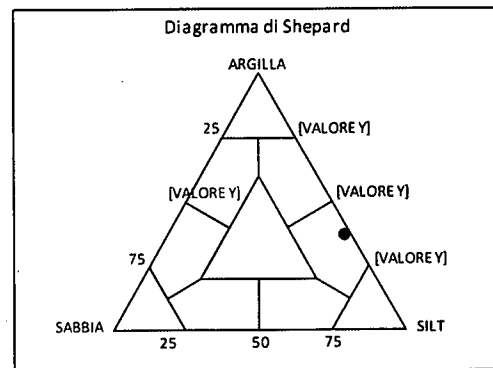
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,21	5	4,14
Mediana	M _d	7,33	16	4,65
Classazione	σ	2,23	25	5,20
	k _i		50	7,33
Appuntimento	K _G	0,72	75	8,86
			84	9,65
			95	10,59

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,1	0,2
	3	125	0,4	0,6
	4	62,5	1,5	2,1
LIMO	5	31,2	21,3	23,4
	6	15,6	8,1	31,5
	7	7,8	12,6	44,1
	8	3,9	17,9	62,0
ARGILLA	9	2	15,1	77,1
	10	0,98	10,5	87,7
	<10	<0,98	12,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	2,1	59,9	38,0

NOTE
Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K5

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	41,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _f	6,75	5	3,71
Mediana	M _d	6,87	16	4,41
Classazione	σ	2,14	25	4,79
Appuntimento	k _i	0,75	50	6,87
	K _G		75	8,39
			84	8,98
			95	10,29

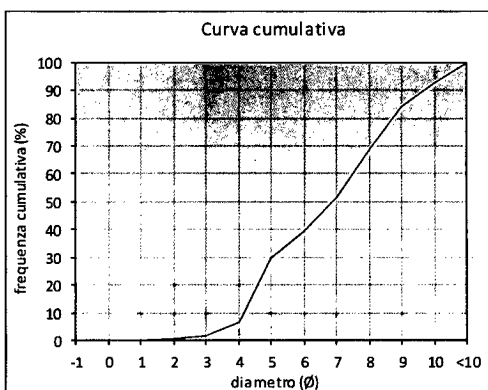
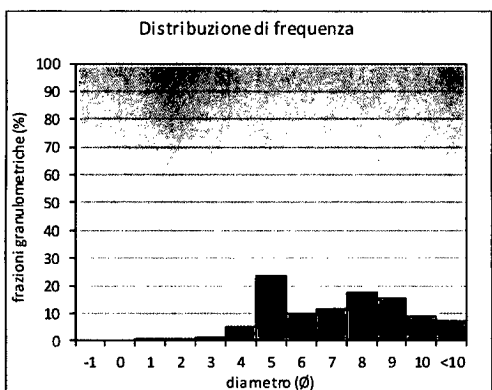
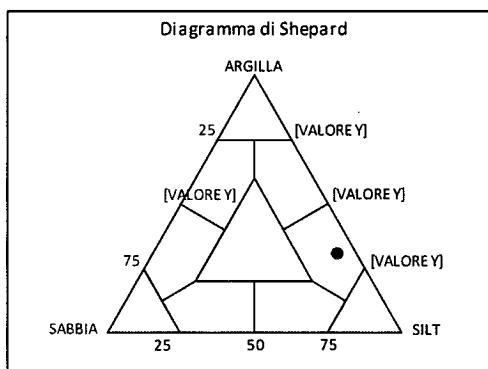
	Ø	µm	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,3	0,4
	3	125	1,0	1,4
	4	62,5	5,0	6,4
LIMO	5	31,2	23,4	29,9
	6	15,6	10,0	39,8
	7	7,8	11,7	51,5
	8	3,9	17,5	69,0
ARGILLA	9	2	15,3	84,3
	10	0,98	8,7	93,0
	<10	<0,98	7,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,4	62,5	31,0

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K6

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

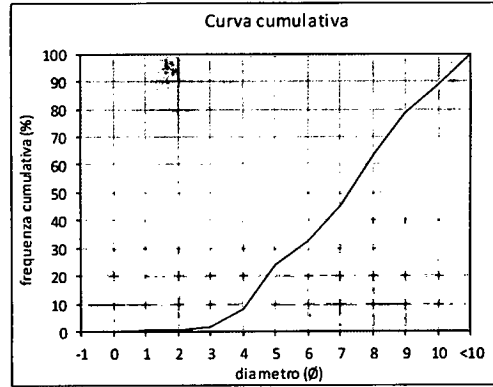
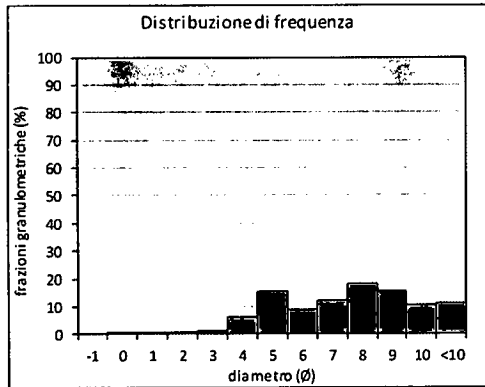
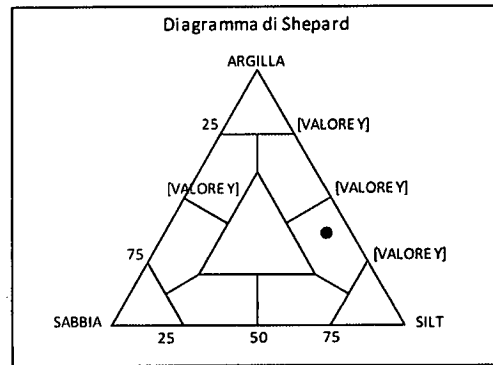
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		Ø
Media	M _n	7,10	5		3,49
Mediana	M _d	7,28	16		4,50
Classazione	σ	2,33	25		5,15
	w		50		7,28
Appuntimento	K _g	0,80	75		8,77
			84		9,53
			95		10,55

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,4	0,7
	3	125	1,2	1,9
	4	62,5	6,3	8,2
	5	31,2	15,5	23,7
LIMO	6	15,6	8,9	32,6
	7	7,8	12,4	45,0
	8	3,9	18,3	63,2
	9	2	15,3	78,5
ARGILLA	10	0,98	10,4	88,9
	<10	<0,98	11,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	8,2	55,0	36,8

NOTE
Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K7

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	44,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _f	6,83	5	3,56
Mediana	M _d	6,94	16	4,37
Classazione	σ	2,23	25	4,77
Appuntimento	k _i	0,74	50	6,94
	K _G		75	8,53
			84	9,18
			95	10,36

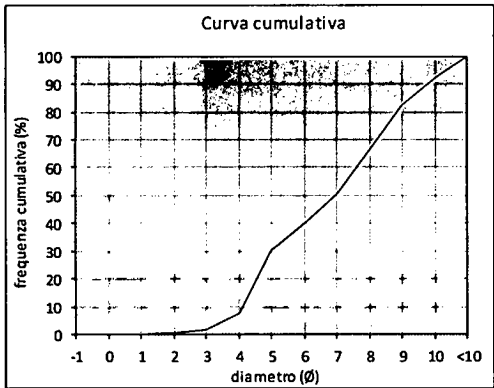
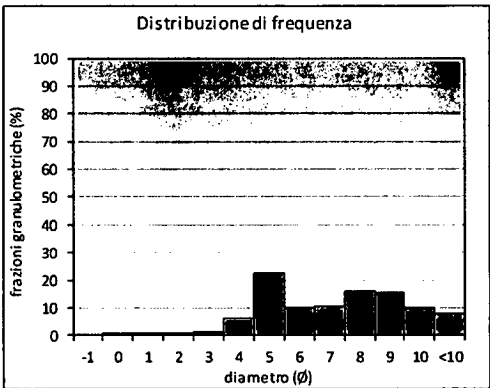
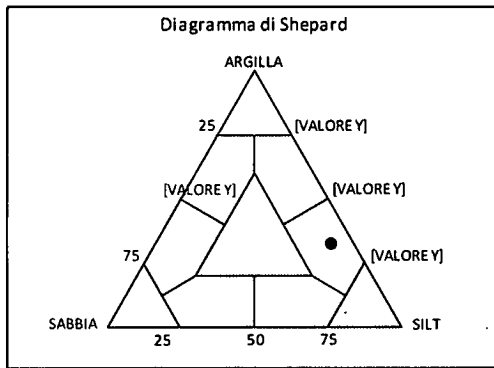
	Ø	µm	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,4	0,6
	3	125	1,0	1,7
	4	62,5	5,9	7,6
LIMO	5	31,2	22,6	30,1
	6	15,6	9,9	40,1
	7	7,8	10,6	50,6
	8	3,9	16,1	66,8
ARGILLA	9	2	15,5	82,3
	10	0,98	9,9	92,2
	<10	<0,98	7,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,6	59,2	33,2

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D1 (100 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	45,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		Ø
Media	M _i	6,99	5	3,69	
Mediana	M _d	7,20	16	4,46	
Classazione	σ	2,24	25	4,87	
	k _i		50	7,20	
Appuntimento	K _G	0,73	75	8,67	
			84	9,32	
			95	10,42	

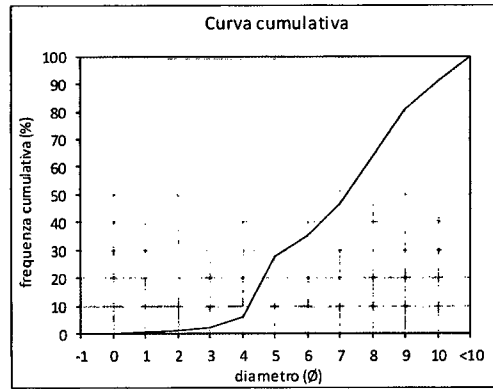
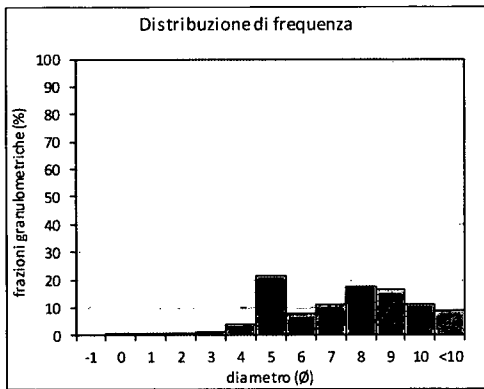
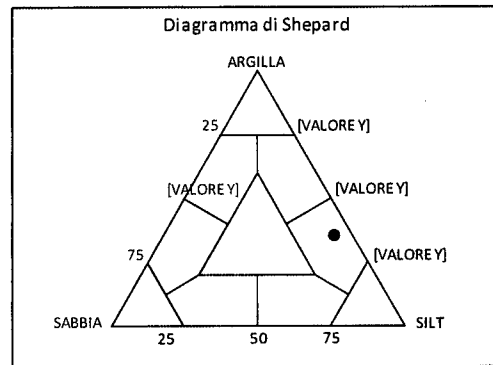
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,4
	2	250	0,6	0,9
	3	125	1,4	2,3
	4	62,5	3,9	6,2
LIMO	5	31,2	21,6	27,7
	6	15,6	7,6	35,3
	7	7,8	11,2	46,6
	8	3,9	17,3	63,8
ARGILLA	9	2	16,7	80,6
	10	0,98	10,8	91,4
	<10	<0,98	8,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,2	57,6	36,2

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D2 (60 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,69	5	3,77
Mediana	M _d	6,45	16	4,40
Classazione	σ	2,23	25	4,76
	κ		50	6,45
Appuntimento	K _g	0,78	75	8,32
			84	9,23
			95	10,50

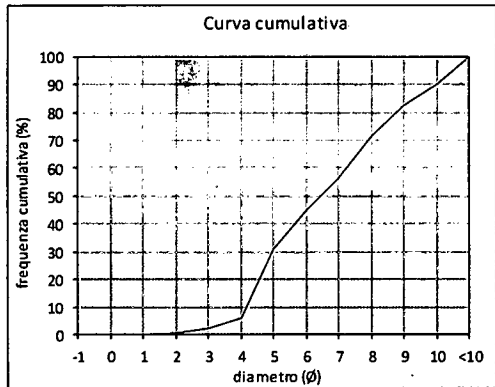
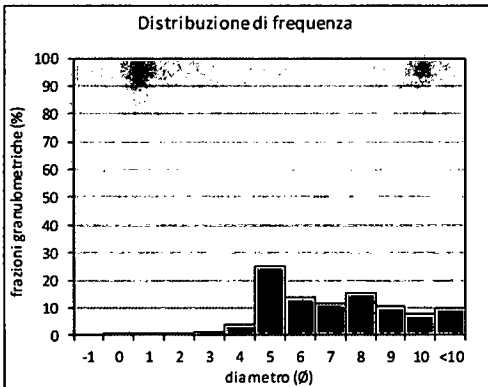
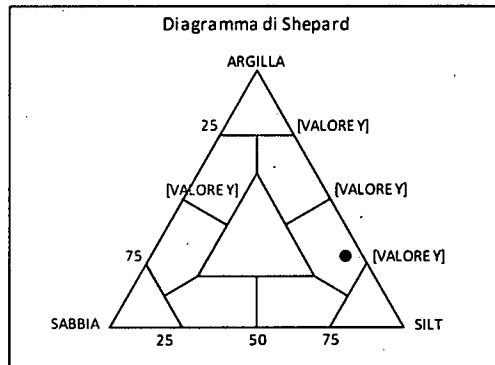
	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,5	0,8
	3	125	1,4	2,2
	4	62,5	3,7	5,9
LIMO	5	31,2	25,2	31,0
	6	15,6	13,8	44,8
	7	7,8	11,5	56,4
	8	3,9	15,3	71,6
ARGILLA	9	2	10,6	82,2
	10	0,98	7,8	90,1
	<10	<0,98	9,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	5,9	65,8	28,4

NOTE

Le frazioni da 2000 μm fino a 250 μm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D3 (30 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		Ø
Media	M _a	6,61	5		3,81
Mediana	M _d	6,51	16		4,44
Classazione	σ	2,11	25		4,82
Appuntimento	k _s	0,85	50		6,51
	K _g		75		8,01
			84		8,87
			95		10,41

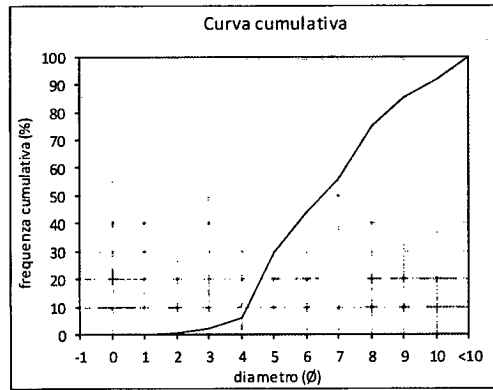
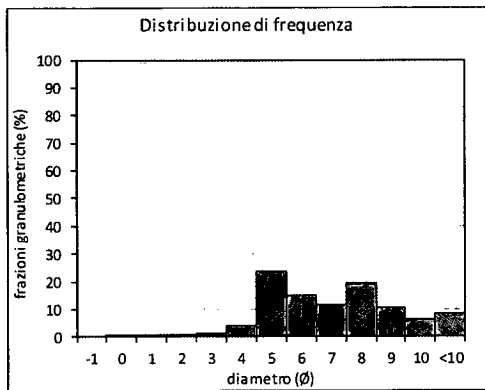
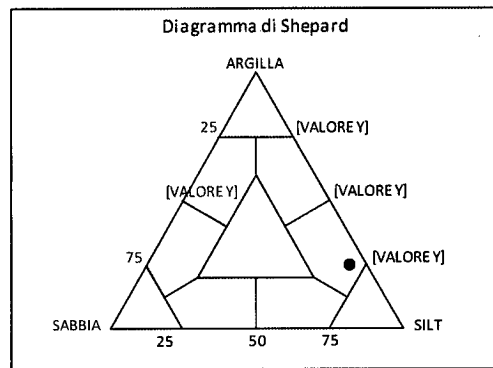
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,4	0,7
	3	125	1,3	2,0
	4	62,5	3,7	5,7
LIMO	5	31,2	23,4	29,1
	6	15,6	14,9	44,0
	7	7,8	11,6	55,7
	8	3,9	19,2	74,9
ARGILLA	9	2	10,6	85,4
	10	0,98	6,1	91,6
	<10	<0,98	8,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	5,7	69,1	25,1

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	46,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,30	5	3,97
Mediana	M _d	6,57	16	4,41
Classazione	σ	1,71	25	4,75
	κ		50	6,57
Appuntimento	K _G	0,79	75	7,60
			84	7,92
			95	9,46

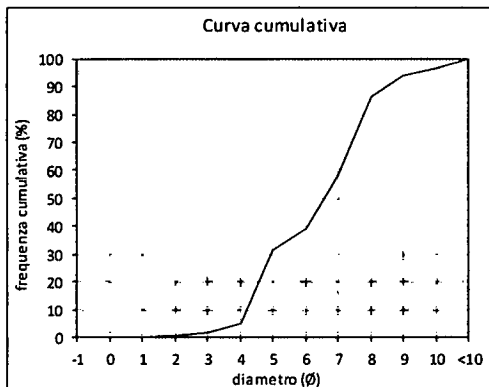
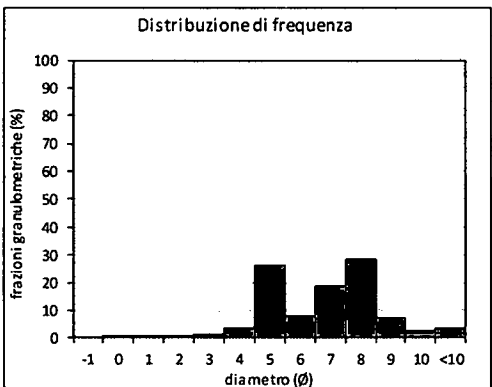
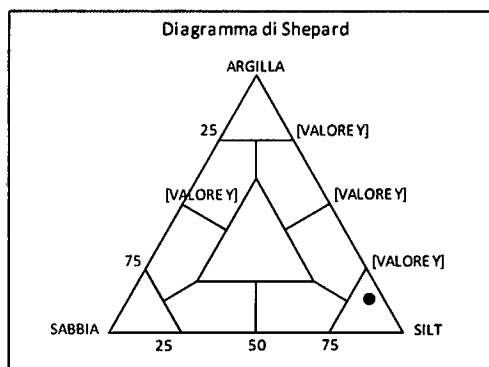
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,3	0,5
	3	125	1,3	1,9
	4	62,5	3,2	5,1
LIMO	5	31,2	26,5	31,5
	6	15,6	7,8	39,3
	7	7,8	18,8	58,1
	8	3,9	28,3	86,4
ARGILLA	9	2	7,5	93,8
	10	0,98	2,5	96,4
	<10	<0,98	3,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	5,1	81,3	13,6

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D5 (30 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	39,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _a	6,71	5	4,00
Mediana	M _d	6,95	16	4,48
Classazione	σ	1,98	25	4,88
	k _i		50	6,95
Appuntimento	K _G	0,77	75	8,13
			84	8,71
			95	10,09

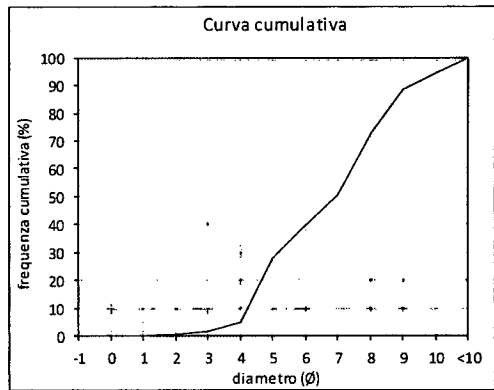
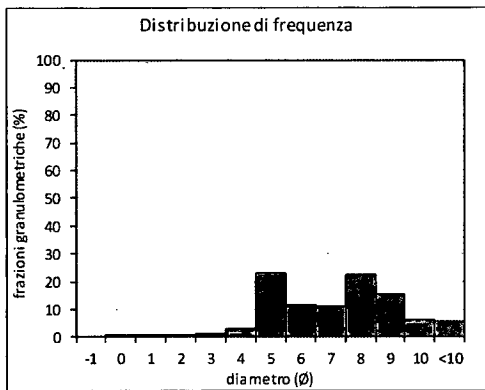
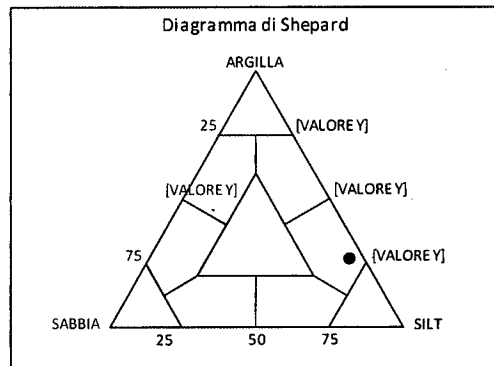
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,4	0,7
	3	125	1,1	1,8
	4	62,5	3,1	5,0
LIMO	5	31,2	22,8	27,8
	6	15,6	11,7	39,5
	7	7,8	11,0	50,6
	8	3,9	22,4	73,0
ARGILLA	9	2	15,6	88,6
	10	0,98	6,0	94,5
	<10	<0,98	5,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	5,0	68,0	27,0

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D6 (60 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

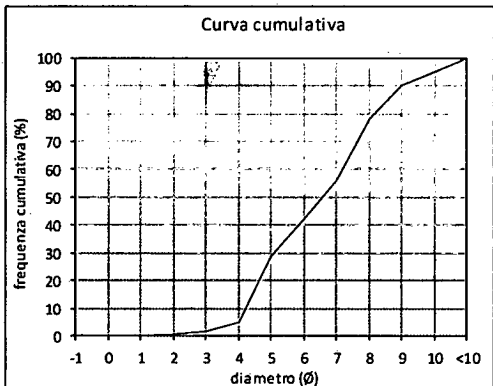
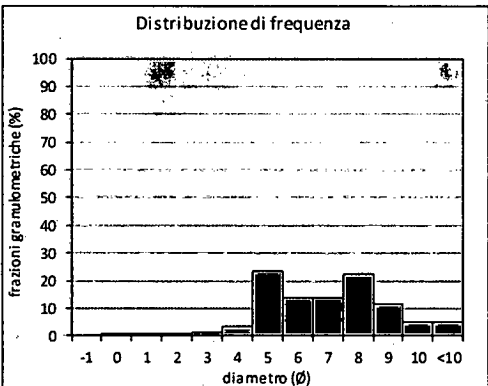
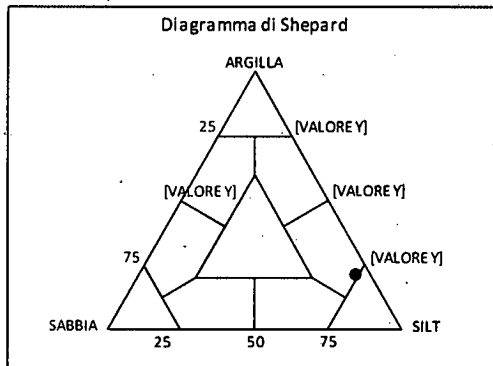
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,51	5	3,98
Mediana	M _d	6,57	16	4,46
Classazione	σ	1,93	25	4,84
	k _i		50	6,57
Appuntimento	K _G	0,82	75	7,86
			84	8,50
			95	10,02

	Ø	µm	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,3	0,5
	3	125	1,2	1,8
	4	62,5	3,3	5,1
LIMO	5	31,2	23,6	28,7
	6	15,6	13,5	42,2
	7	7,8	13,7	55,9
	8	3,9	22,2	78,1
ARGILLA	9	2	11,7	89,8
	10	0,98	5,1	94,9
	<10	<0,98	5,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	5,1	73,0	21,9

NOTE
Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D7 (100 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	46,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,90	5	3,68
Mediana	M _d	7,33	16	4,62
Classazione	σ	2,00	25	5,33
	k _i		50	7,33
Appuntimento	K _g	0,90	75	8,26
			84	8,75
			95	10,07

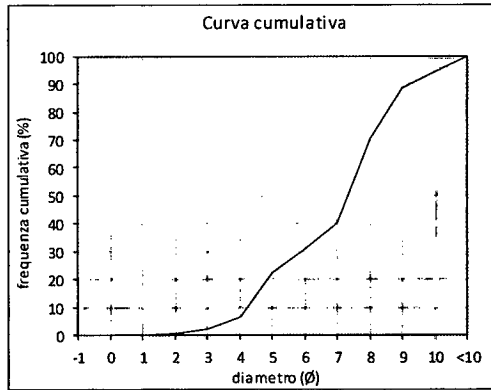
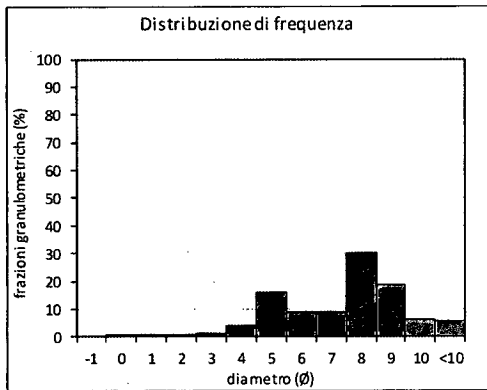
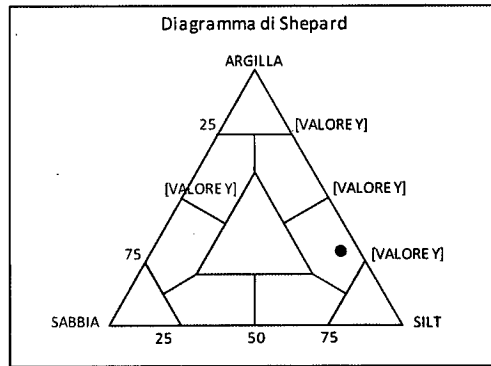
	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,5	0,7
	3	125	1,4	2,2
	4	62,5	4,2	6,4
LIMO	5	31,2	15,7	22,0
	6	15,6	9,0	31,0
	7	7,8	9,1	40,1
	8	3,9	30,2	70,3
ARGILLA	9	2	18,4	88,7
	10	0,98	6,0	94,6
	<10	<0,98	5,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,4	63,9	29,7

NOTE

Le frazioni da 2000 μm fino a 250 μm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K8

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	38,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _f	6,35	5	3,44
Mediana	M _d	6,33	16	4,32
Classazione	σ	2,00	25	4,65
Appuntimento	k _i	0,84	50	6,33
	k _g		75	7,80
			84	8,41
			95	9,93

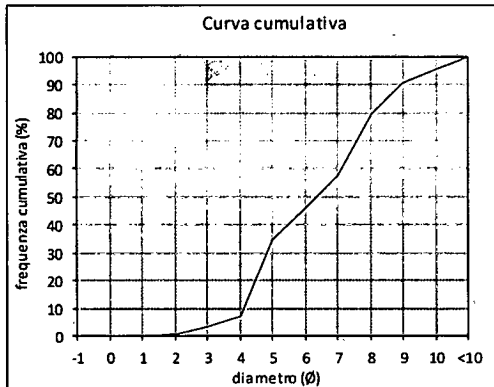
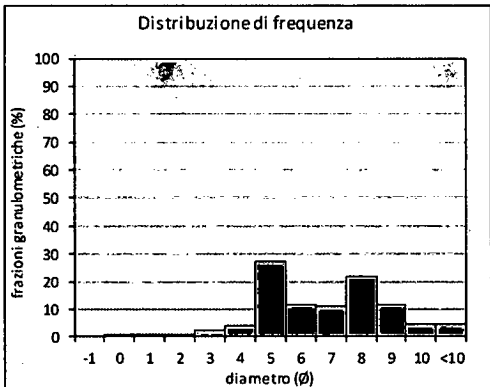
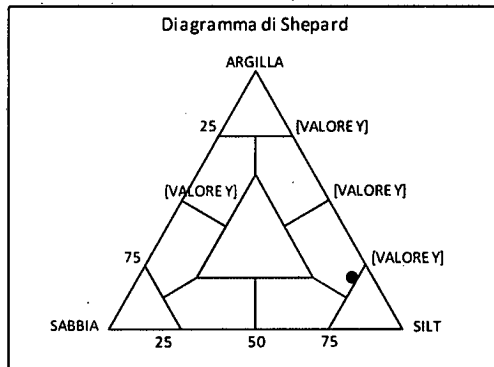
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,5	0,7
	3	125	2,5	3,3
	4	62,5	3,9	7,2
LIMO	5	31,2	27,4	34,6
	6	15,6	11,7	46,3
	7	7,8	11,0	57,3
	8	3,9	22,1	79,4
ARGILLA	9	2	11,3	90,7
	10	0,98	4,6	95,3
	<10	<0,98	4,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,2	72,2	20,6

NOTE

Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K9

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

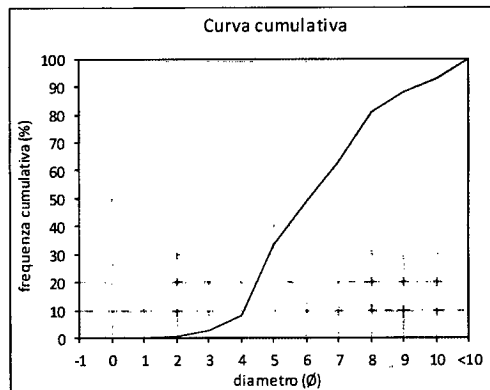
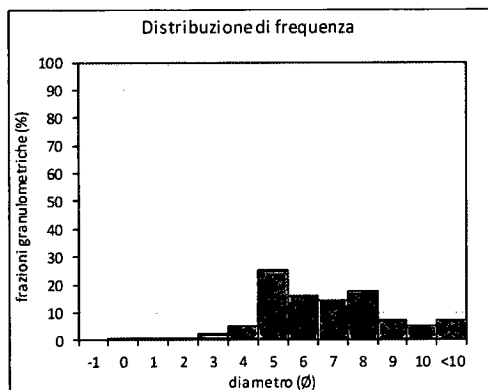
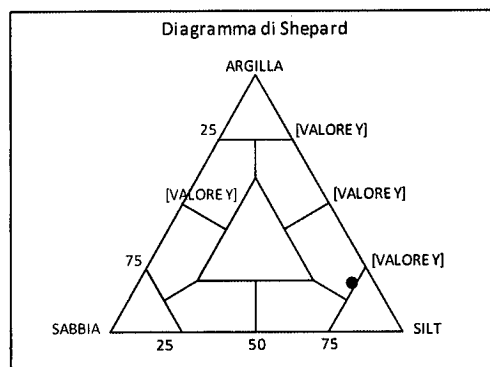
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,29	5	3,44
Mediana	M _d	6,09	16	4,32
Classazione	σ	2,08	25	4,68
Appuntimento	k _i	0,94	50	6,09
	K _g		75	7,68
			84	8,47
			95	10,32

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,4	0,6
	3	125	2,1	2,7
	4	62,5	5,2	7,9
LIMO	5	31,2	25,0	32,9
	6	15,6	15,8	48,7
	7	7,8	14,4	63,1
	8	3,9	17,5	80,7
ARGILLA	9	2	7,2	87,8
	10	0,98	4,8	92,6
	<10	<0,98	7,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,9	72,7	19,3

NOTE
Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione K10

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	45,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _n	6,41	5	3,69
Mediana	Md	6,89	16	4,38
Classazione	σ	1,72	25	4,74
Appuntimento	k _i	0,75	50	6,89
	K _G		75	7,70
			84	7,96
			95	9,11

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,4	0,6
	3	125	1,4	2,0
	4	62,5	4,3	6,3
LIMO	5	31,2	25,1	31,5
	6	15,6	8,3	39,7
	7	7,8	11,6	51,3
	8	3,9	34,0	85,4
ARGILLA	9	2	9,4	94,8
	10	0,98	2,3	97,0
	<10	<0,98	3,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,3	79,0	14,6

NOTE
Le frazioni da 2000 µm fino a 250 µm compresa, sono costituite da resti calcarei organogeni

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica

