



**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

2° ANNO

RAPPORTO FINALE

(dal pre-survey all'estate 2017)

RAPPORTO n. 9

**OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – IRBIM DI ANCONA**

**COORDINATORE:
GIANNA FABI**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:
ALESSANDRA SPAGNOLO**

**RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
ALESSANDRA SPAGNOLO
ANNA MARIA DE BIASI
LUDMILA KOZINKOVA
LUCA MONTAGNINI**

ANCONA, Novembre 2018

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.....	8
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	8
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®)	13
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>	16
2.2.3.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA	17
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	27
3.1.4.	METALLI PESANTI.....	28
3.1.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	43
3.1.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC).....	44
3.2.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI.....	46
3.2.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	46
3.2.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®)	47
3.2.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	47
3.2.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	49
3.2.5.	RICERCA DI METALLI PESANTI IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	50
3.3.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA	54
3.3.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)	54
3.3.2.	AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE.....	67
3.3.3.	DOMINANZA	69
3.3.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)	72
3.3.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S _M)	74
3.3.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H')	75
3.3.7.	MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS).....	76
3.3.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE	77
3.3.8.1	Indice W di Clarke.....	77
3.3.8.2	Indice AMBI.....	78
3.3.8.3	Indice Bentix	80
3.3.8.4	Stato ecologico	81
4.	CONCLUSIONI.....	84

5. BIBLIOGRAFIA.....	88
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 4° survey post lavori (estate 2017)	X

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM Ancona
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM 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	C. Cuicchi	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	L. Montagnini	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	P. Polidori	CNR - IRBIM Ancona
	E. Punzo	CNR - IRBIM Ancona
	V. Salvalaggio	CNR - IRBIM Ancona
	A. Santelli	CNR - IRBIM Ancona
	P. Strafella	CNR - IRBIM Ancona

Hanno inoltre collaborato allo svolgimento dei campionamenti in mare i Sigg.ri Giampaolo Gaetani e Antonio Marziali imbarcati sulla M/R Tecnopeca II del CNR-IRBIM di 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-IRBIM (ex ISMAR) di 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-IRBIM presso analoghe strutture situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2002; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; 2018; 2018b), 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. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*);
4. caratteristiche delle comunità bentoniche.

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 nell'intero periodo di indagine, dal pre-survey alla fine del 2° anno relativo alla fase di esercizio (2017).

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.

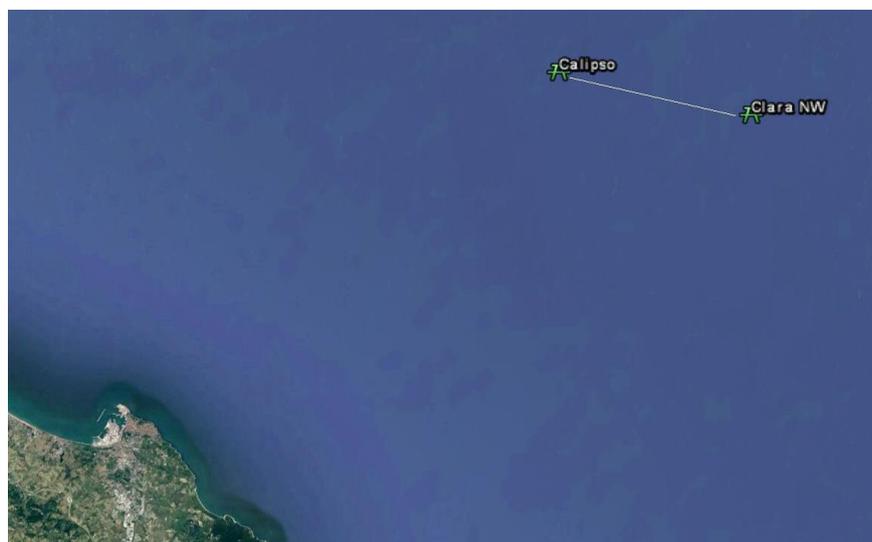


Fig. 2.1 - Sea-line collegante le piattaforme Clara NW e Calipso.

2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

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

Nel 2° semestre 2017 è stato condotto il 4° survey post lavori di installazione. Come nei monitoraggi precedenti relativi alla fase di esercizio, 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 campionate nell'estate 2017 sono riportate in Tab. 2-I.

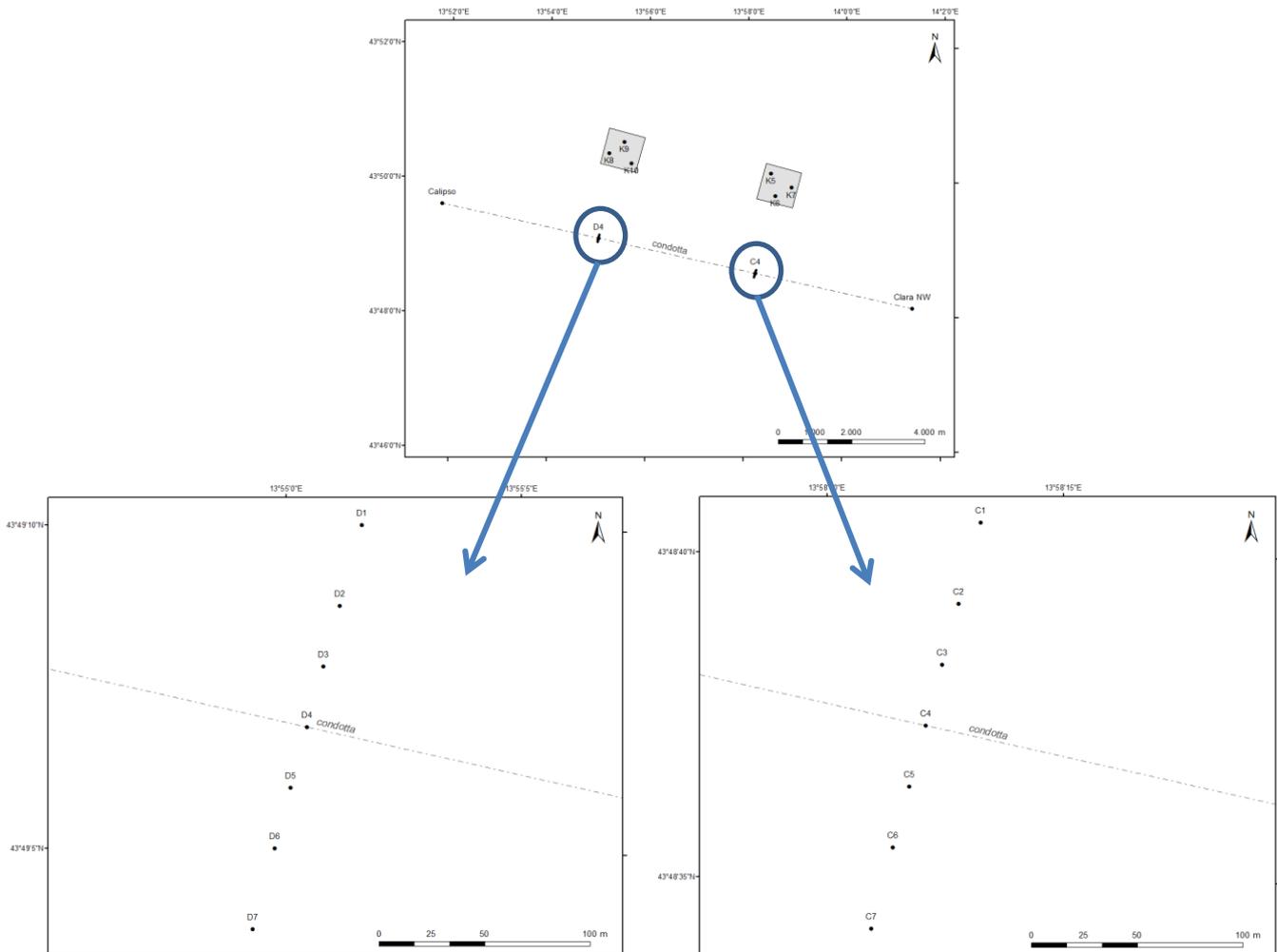


Fig. 2.2 - Schema di campionamento del sea-line per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica, con particolare dei due transetti.

Tab. 2-I - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 4° 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°48'703N 13°58'116E	74,9
C2	60	NNE	43°48'659N 13°58'227E	75,0
C3	30	NNE	43°48'655N 13°58'148E	75,0
C4	0	-	43°48'636N 13°58'137E	75,1
C5	30	SSW	43°48'621N 13°58'090E	75,0
C6	60	SSW	43°48'619N 13°58'071E	75,2
C7	100	SSW	43°48'597N 13°58'068E	75,3
K5	2000	NNE	43°50'018N 13°58'554E	74,8
K6	2000	NNE	43°49'918N 13°58'417E	74,8
K7	2000	NNE	43°49'887N 13°58'240E	75,0
D1	100	NNE	43°49'172N 13°55'115E	74,5
D2	60	NNE	43°49'147N 13°55'081E	74,5
D3	30	NNE	43°49'128N 13°55'070E	74,9
D4	0	-	43°49'122N 13°55'056E	74,4
D5	30	SSW	43°49'105N 13°55'044E	74,6
D6	60	SSW	43°49'092N 13°54'998E	74,6
D7	100	SSW	43°49'074N 13°54'951E	74,6
K8	2000	NNE	43°50'225N 13°55'288E	74,3
K9	2000	NNE	43°50'374N 13°55'303E	74,5
K10	2000	NNE	43°50'307N 13°55'691E	74,8

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, stagno, zirconio e ossido di 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 $+4^{\circ}\text{C}$.

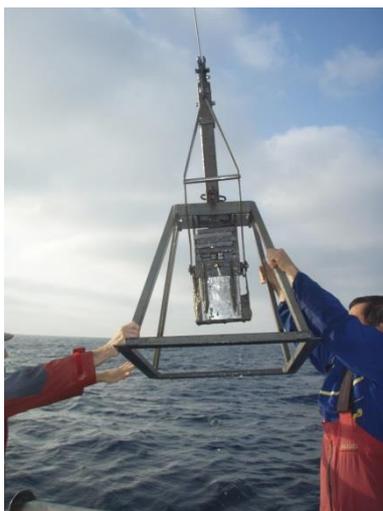


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

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 prelevate 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 benna Van Veen 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, manganese, magnesio, titanio, gallio, stagno e zirconio.

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 determinazione del peso umido utilizzando una bilancia elettronica tipo “Europe” (All. A1-II). Successivamente sono stati posti in contenitori di alluminio e introdotti in stufa (All. A1-III) a 110°C per almeno 24 h. Una volta raggiunta la completa essiccazione si è proceduto alla misurazione del peso secco.

Per la separazione in sabbie e peliti ogni campione è stato immerso in acqua tiepida sino alla sua completa disgregazione; si è quindi proceduto alla setacciatura con maglie da 63 μ . Il materiale trattenuto dal setaccio, definito come sabbie, è stato fatto essiccare in stufa a 130°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto ad indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci (All. A1-IV) aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000 μ , 2000 μ , 1000 μ , 500 μ , 250 μ , 125 μ , 63 μ). Una volta terminata la setacciatura sono stati pesati i residui di ogni setaccio ed è stata determinata la percentuale conchigliare presente. I dati così ottenuti sono stati riportati su un diagramma semilogaritmico e uniti mediante la cosiddetta “curva granulometrica”.

Le peliti (materiale inferiore a 63 μ) sono state fatte decantare ed essiccare in stufa a 130°C sino a completa evaporazione. E' stata quindi eseguita l'aerometria mediante l'utilizzo di un densimetro (All. A1-V) per terreni secondo il metodo di Casagrande basato su due proprietà: a) velocità con cui si depositano i grani in sospensione in un liquido viscoso in quiete dipende dal volume, dalla forma e dal peso dei granuli stessi (Legge di Stokes); b) la densità della sospensione ad un dato istante è funzione della qualità del prodotto solido non ancora depositato.

IPA - Per la determinazione degli IPA sono stati seguiti i metodi EPA3550C:2007 (EPA, 2017a), EPA3630C:1996 (EPA, 1996) ed EPA8270D:2014 (EPA, 2014). Ogni campione è stato scongelato e privato dell'eventuale frazione più grossolana; in seguito, l'analisi è stata compiuta su un'aliquota di circa 20 g (peso umido), mentre una seconda aliquota è stata utilizzata per la determinazione del peso secco.

La determinazione degli IPA è stata effettuata mediante gas cromatografia utilizzando un Gas cromatografo doppia colonna (All. A1-VI). I componenti della miscela (IPA), separati tra loro, sono stati rilevati con la tecnica FID (rilevatore ionizzazione di fiamma), che consente di valutare i tempi di ritenzione e l'ampiezza dei picchi relativi. Il limite di

rilevabilità dello strumento è 0,2 µg/kg.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come contaminanti di interesse prioritario, espressi in µg/kg di sostanza secca: Naftene, Ace-naftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, DiBenzo(a,h)Antracene, Fluorene, Benzo(g,h,i)Perilene, Indeno(1,2,3,c,d)Pirene. Le rette di calibrazione sono state preparate con la tecnica della standardizzazione esterna utilizzando come IPA di riferimento il Perilene, che permette anche di normalizzare le aree dei picchi dei singoli componenti la miscela e di confrontarle tra loro ai fini della quantizzazione.

Idrocarburi totali - Per gli idrocarburi leggeri (C<12) sono stati seguiti i metodi EPA 5021A (2003a) e EPA 8015D (2003b). 5 g di sedimento sono posti in vial in cui sono stati aggiunti 10 ml di acqua procedendo al riscaldamento della miscela a 65°C per 1 h. Successivamente 0,5 ml sono stati iniettati nello spazio di testa in Gascromatografia (GC) con rilevatore FID (All. A1-VI).

Gli idrocarburi pesanti (C>12) sono stati determinati seguendo il metodo ISO 16703 (2004). I campioni sono stati essiccati all'aria e una quantità nota omogeneizzata è stata estratta mediante sonificazione con acetone /n-eptano. Nella soluzione estraente è stata aggiunta la soluzione di riferimento per la finestra dei tempi di ritenzione (RTW) contenente n-tetracontano e n-dodecano. L'estratto è stato purificato su colonna Florisil. Un'aliquota dell'estratto purificato è stata quindi analizzata in GC-FID ed è stata misurata l'area totale dei picchi presenti nell'intervallo delimitato dalle due soluzioni di riferimento di n-tetracontano e n-dodecano. La quantità di idrocarburi è stata determinata mediante confronto con una soluzione di riferimento esterno costituito da quantità uguali di due differenti tipi di oli minerali.

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg/kg di sostanza secca: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco, manganese, magnesio, titanio, gallio, zirconio, stagno e ossido di zirconio.

La mineralizzazione dei campioni è stata effettuata su circa 0,3 g di sostanza secca, mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, aggiungendo a 3 ml di HNO₃, 1 ml di HCl e 4 ml di H₂O.

Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua ultrapura. Gli acidi impiegati sono tutti rigorosamente ultrapuri. L'analisi per la determinazione del **mercurio** è stata condotta mediante tecnica AAS previa

decomposizione termica ed amalgamazione (DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio FKV; All. A1-VII) seguendo la metodica EPA 7473 (2007b). La prova è stata effettuata direttamente sul campione tal quale (senza passaggio di mineralizzazione) pesando aliquote comprese tra 10 e 100 mg.

Le determinazioni di **cadmio**, **arsenico** e **piombo** sono state condotte mediante spettroscopia di assorbimento atomico in fornello di grafite (Varian SpectrAA-240Z. All. A1-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007c).

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

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).

L'**ossido di zirconio** è stato stimato tramite calcoli stechiometrici a partire dalla determinazione quantitativa dello zirconio, ovvero moltiplicando la concentrazione di Zr per il fattore stechiometrico 1,35 (rapporto tra massa molecolare dell'ossido di zirconio e massa atomica dello zirconio). Tale calcolo parte dall'ipotesi che tutto il metallo sia presente nel sedimento sotto forma di Ossido. Tale stima è, pertanto, approssimata per eccesso (per questo in tabella viene indicato "<" di) e può variare da campione a campione. In Tab. 2-II si riportano i dettagli relativi al controllo di qualità del dato analitico per i metalli ricercati.

Sostanza organica - La determinazione della sostanza organica è stata eseguita mediante calcinazione in muffola: sono stati prelevati circa 3 g 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.

Tab. 2-II - Accuratezza, incertezza, LOQ e LOD relativi ai metalli ricercati.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Ni	Pb	Si	V	Zn
Accuratezza (minima accettabilità del recupero)	25%	25%	25%	30%	25%	25%	20%	25%	nd	25%	25%	nd	25%	25%
Incertezza (%)	21	25	25	25	21	20	20	20	nd	20	21	nd	20	20
LOQ (mg/kg)	170	0,3	1,2	0,02	1,2	1,2	170	0,005	0,02	1,2	0,3	5	1,2	1,2
LOD (mg/kg)	5	0,07	0,2	0,002	0,04	0,12	5	0,002	0,01	0,25	0,07	205	0,07	0,6

	Mn	Mg	Ti	Ga	Sn	Zr
Accuratezza (minima accettabilità del recupero)	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Incertezza (%)	16	20	nd	nd	nd	19
LOQ (mg/kg)	170	5	1,2	1,2	1,2	1,2
LOD (mg/kg)	5	0,02	0,15	0,2	0,4	0,05

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-III.

Tab. 2-III - 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%	Alta

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±2°C

- salinità: 36±2‰
- illuminazione: continua
- O₂ 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±2°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 CdCl₂.

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto.

Elaborazione dei dati - Il saggio biologico è considerato valido quando la mortalità media all'interno del sedimento di controllo è ≤15% e quando la mortalità nella singola replica per l'intero periodo di esposizione è ≤20%. Sia nei campioni da testare che nel sedimento di controllo sono state calcolate le percentuali medie (± 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-IV.

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

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

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 % 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 cui risultati 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-V.

Tab. 2-V - 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	S > 50
50 < S ≤ TL	Bassa		
1 ≤ TU < 2	Media	Semiscala delle T.U.	S ≤ 50
2 ≤ TU < 4	Alta		
TU ≥ 4	Molto alta		

Dove:

$S = \frac{(\text{Sopravvissuti campione})}{(\text{Sopravvissuti controllo})} \cdot 100$

TL = Toxicity limit = Controllo · 90% 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 *H. 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 L. 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.

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

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 sono state calcolate le curve di dominanza cumulativa. Per ricercare eventuali somiglianze tra le stazioni campionate e l'evoluzione temporale delle comunità rinvenute nell'intero periodo di indagine, 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).

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-VI.

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

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

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-VII.

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-VII - 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-VIII. In Tab. 2-IX 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-VIII - 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-IX - 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

Come nei survey precedenti, anche nell'estate 2017 all'analisi visiva tutti i sedimenti hanno presentato scarse differenze tra loro, essendo costituiti in prevalenza dalla frazione pelitica e caratterizzati da un colore nocciola; essi erano inoltre ben ossigenati e inodori, con uno strato ossidato di 2-3 cm di spessore (fig. 3.1).

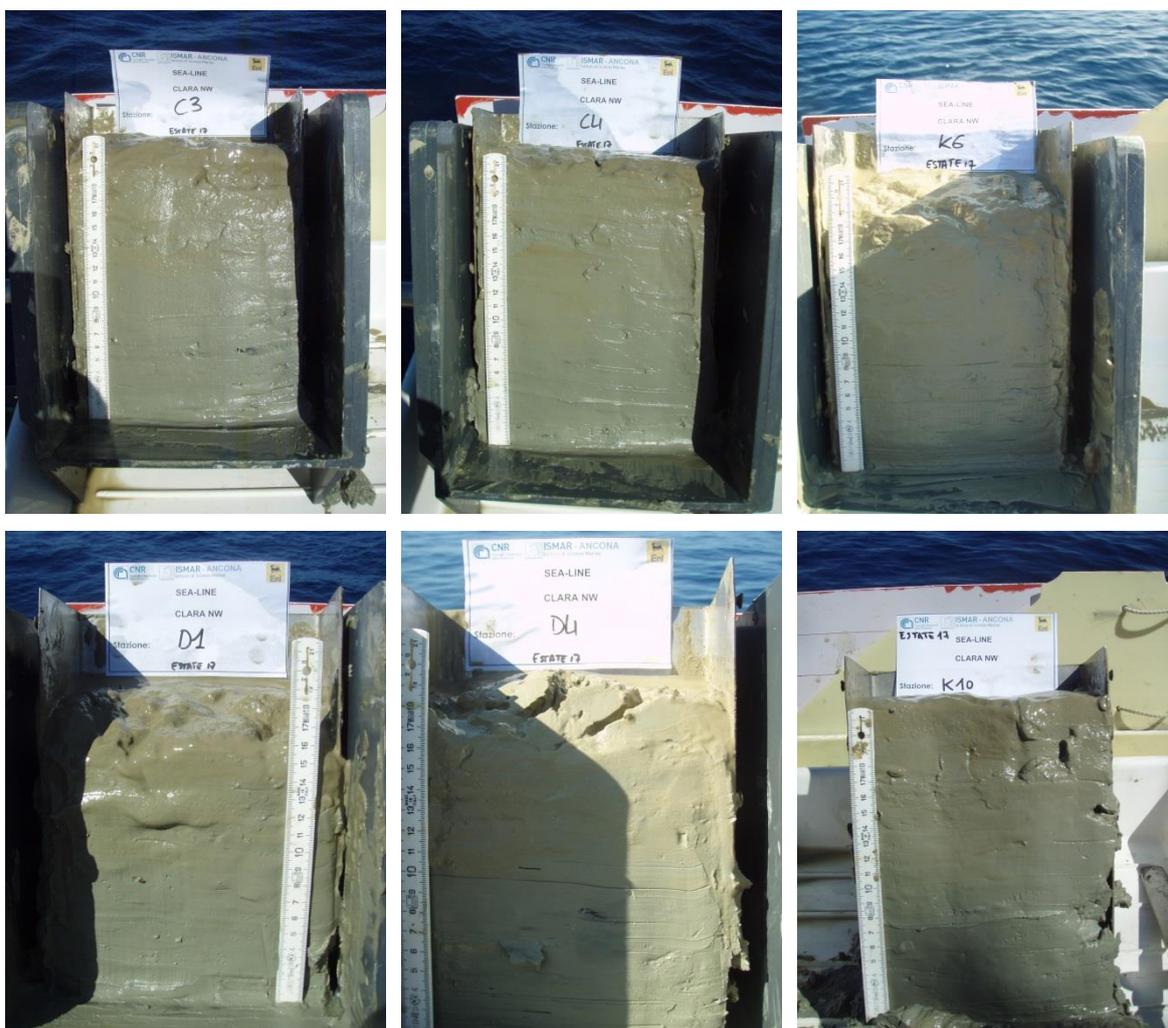


Fig. 3.1 - Campioni di sedimento prelevati nell'estate 2017.

L'analisi granulometrica (fig. 3.2 e Tab. 3-I) ha consentito di confermare una composizione quasi esclusivamente pelitica dei sedimenti nella maggior parte delle stazioni, con una prevalenza di silt che è aumentato ovunque nell'estate 2017 rispetto all'inverno eccetto in D1 in cui è rimasto praticamente invariato. Come conseguenza di

questo incremento si è ridotta la componente argillosa poiché la sabbia, che ha sempre rappresentato una frazione modesta dei campioni, è rimasta pressoché invariata. Tutti i sedimenti raccolti lungo i transetti e tutti i controlli sono stati classificati come silt argillosi secondo Shepard (All. B) come nei monitoraggi precedenti.

Analizzando l'andamento temporale, nel 1° survey post lavori di installazione era stata evidenziata una riduzione della sabbia sia in corrispondenza della condotta (C4, D4), sia nei controlli K6 e K9. In questi ultimi era stato rilevato anche un decremento di argilla non osservato in C4 e D4 dove, invece, questa componente era aumentata (maggiormente in C4) analogamente al silt. Nel 2° post lavori la frazione sabbiosa si era ridotta ulteriormente praticamente ovunque, ma il decremento più cospicuo aveva riguardato l'argilla a vantaggio del silt. Questo trend non era stato osservato solo nei controlli K6 e K7 in cui, al contrario, era aumentata l'argilla a scapito del silt. Nell'inverno 2017 si è verificato un deciso decremento di silt a vantaggio dell'argilla sia lungo i transetti che nei controlli e la sabbia è rimasta pressoché invariata, mentre nell'ultimo survey il silt è nuovamente aumentato conseguentemente a una riduzione soprattutto di argilla.

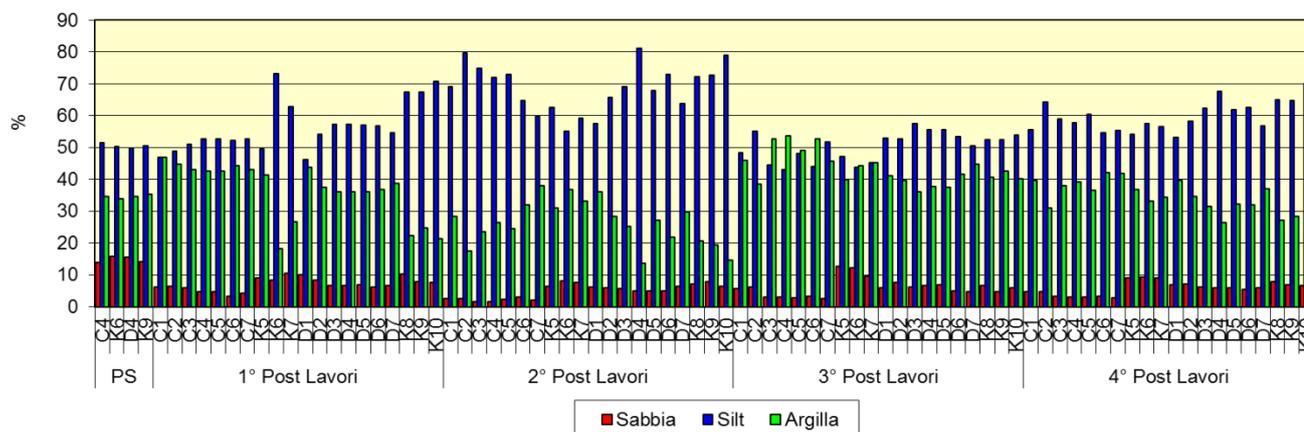


Fig. 3.2 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'intero periodo.

Tab. 3-I - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nell'intero periodo. Le stazioni di campionamento poste in corrispondenza della condotta sottomarina sono evidenziate in rosso.

	Pre-Survey			1° Post Lavori			2° Post Lavori			3° Post Lavori			4° Post Lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla
C1				6,22	46,96	46,82	2,59	69,15	28,26	5,59	48,36	46,06	4,70	55,70	39,60
C2				6,36	48,90	44,74	2,58	79,85	17,57	6,29	55,17	38,54	4,70	64,20	31,10
C3				5,91	51,00	43,09	1,52	74,88	23,60	2,92	44,47	52,61	3,20	58,90	37,90
C4	13,82	51,50	34,66	4,80	52,72	42,48	1,60	72,00	26,40	3,09	43,10	53,80	3,00	57,80	39,20
C5				4,60	52,68	42,72	2,37	73,11	24,52	2,81	48,04	49,15	3,10	60,40	36,50
C6				3,36	52,31	44,33	3,13	64,80	32,06	3,21	44,00	52,79	3,20	54,70	42,00
C7				4,31	52,72	42,97	2,09	59,92	37,99	2,50	51,75	45,75	2,80	55,30	41,90
K5				9,09	49,58	41,33	6,44	62,53	31,02	12,76	47,29	39,95	9,10	54,10	36,80
K6	15,71	50,37	33,92	8,43	73,32	18,25	8,20	55,04	36,76	12,09	43,69	44,22	9,40	57,50	33,10
K7				10,55	62,78	26,67	7,59	59,17	33,25	9,51	45,28	45,20	9,00	56,60	34,40
D1				9,95	46,16	43,89	6,19	57,64	36,17	5,85	53,08	41,07	7,00	53,20	39,70
D2				8,25	54,14	37,61	5,86	65,78	28,36	7,52	52,83	39,65	7,10	58,20	34,70
D3				6,66	57,23	36,10	5,72	69,13	25,15	6,25	57,55	36,20	6,20	62,40	31,50
D4	15,51	49,82	34,67	6,72	57,30	35,98	5,08	81,30	13,62	6,68	55,54	37,79	6,00	67,60	26,40
D5				6,78	57,12	36,10	4,96	68,00	27,04	6,89	55,67	37,44	6,00	61,80	32,20
D6				6,22	56,92	36,86	5,08	73,02	21,90	4,92	53,51	41,57	5,40	62,70	31,90
D7				6,73	54,63	38,63	6,35	63,92	29,73	4,67	50,51	44,83	6,00	56,90	37,10
K8				10,30	67,45	22,25	7,21	72,19	20,60	6,66	52,58	40,76	7,90	65,00	27,10
K9	14,10	50,65	35,22	7,84	67,35	24,81	7,92	72,73	19,35	4,81	52,54	42,65	7,00	64,70	28,30
K10				7,63	70,94	21,43	6,35	79,03	14,63	5,92	53,86	40,22	6,60	70,20	23,20

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(1,2,3-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).

Nell'inverno 2016, ossia dopo la posa della condotta, gli IPA non erano stati rilevati. Nell'estate seguente invece, la maggior parte dei composti era risultata presente ovunque. I tenori erano comunque molto bassi e notevolmente inferiori a quelli del pre-survey.

Nel 3° survey post lavori di installazione è avvenuto un incremento generalizzato. Molti dei composti ricercati sono risultati presenti in tutti i siti di entrambi i transetti e relativi controlli (Benzo(a)antracene, Acenaftilene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene e Pirene). Altri IPA erano diffusamente presenti, mentre il Dibenzo(a,h)antracene è stato rinvenuto solo nel tratto C3-C6 del

transetto C e nei controlli K6, K7 e K8. Acenaftene, Fluorantene e Fenantrene non sono stati rinvenuti affatto. I tenori sono comunque risultati sempre molto bassi, tutti ben al di sotto dei rispettivi LCB (ICRAM-APAT, 2007) con l'unica eccezione del Naftalene, superiore al proprio limite in C2, C6, C7, nel tratto D1-D4 e nel controllo K10. I superamenti sono apparsi consistenti soprattutto in C7, D1 e D2 (6-8 volte l'LCB). Ciononostante, i valori degli IPA totali sono rimasti molto modesti e ampiamente inferiori ai 900 µg/kg stabiliti come LCB da ICRAM-APAT.

Nell'ultimo monitoraggio è avvenuta una riduzione nella maggior parte delle stazioni campionate; essa è stata particolarmente evidente in quei siti in cui, nell'inverno 2017, erano stati rilevati dei picchi consistenti. Tale decremento non ha riguardato C1, C3, K7, D5, D6 e K8 in cui si è verificato un aumento. Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene e Dibenzo(a,h)antracene sono risultati al di sotto del limite di quantificazione strumentale in tutti i sedimenti testati. Tutti gli altri congeneri sono apparsi diffusamente presenti, ma le loro concentrazioni sono risultate molto inferiori agli LCB eccetto, anche in questo survey, quelle del Naftalene, risultate maggiori dell'LCB nei campioni C1, D5 e D6; il superamento del LCB è tuttavia molto più contenuto di quelli osservati in alcuni campioni nel 3° survey post lavori.

Le concentrazioni degli IPA totali sono risultate molto basse e confrontabili con quelle del pre-survey, anche se in alcuni siti dei transetti esse sono apparse ancora leggermente superiori rispetto ai range dei rispettivi controlli.

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	
Acenaftene	7					< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Acenaftilene						< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Antracene	47	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	< lq
Benzo (a) antracene	75	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	< lq
Benzo (a) pirene	80	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	< lq
Benzo (b) fluorantene	40	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	< lq
Benzo (g, h,i) perilene	55	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	< lq
Benzo (k) fluorantene	20	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	< lq
Crisene	108	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	< lq
Dibenzo(a, h)antracene	6					< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fenantrene	87	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	< lq
Fluorantene	113	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	< lq
Fluorene	21		1,1		1,3	< lq	< 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	70	12,3	10,1	9,2	7,8	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Naftalene	35	3,7		2,3	2,2	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Pirene	153	4,6	4,3	3,8	4,8	< lq	< 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	
Acenaftene	7	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	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
Acenaftilene		0,5	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	0,4	0,5	0,5
Antracene	47	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	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	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	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
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
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	1,0	0,7	< lq	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	0,6	0,7	0,5	0,9	2,2	0,9	0,5	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	0,3	0,9	0,6	< lq	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	0,3	< lq	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	0,4	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	1,5	1,3	0,9	1,6	1,6
Fluorene	21	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	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	0,2	< lq	0,3	1,5	1,1	< lq	1,7	1,7
Naftalene	35	0,2	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	1,4	1,4	< lq	< lq	< lq	< lq	0,6	< 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	< lq	0,3	0,6	0,4	< lq	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	5,2	8,5	14,8	10,6	5,5	14,4	14,4

Tab. 3-II - Continuo.

LCB/PP	3° survey post lavori																				
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	
Acenaftene	7	1,7	1,3	0,7	1,4	< lq	2,1	2,3	< lq	1,8	1,4	3,0	2,8	2,7	3,3	2,1	1,5	2,0	< lq	1,5	1,9
Acenaftilene		1,9	1,2	1,0	1,3	0,9	1,6	1,9	1,0	1,5	1,2	2,7	2,5	2,4	2,5	1,8	1,7	1,8	1,1	1,4	1,6
Antracene	47	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (a) antracene	75	2,5	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,3	2,1	2,0	2,2	2,9	2,7	2,8	2,5	2,3	2,3	2,4	2,3	2,0	2,1
Benzo (a) pirene	80	2,6	1,6	1,8	1,8	1,9	1,9	2,4	1,9	1,7	1,9	3,2	2,9	2,8	2,6	2,2	2,2	2,3	2,1	2,1	1,9
Benzo (b) fluorantene	40	15,2	12,1	13,7	13,7	15,1	16,2	15,8	15,4	8,8	14,7	15,9	8,4	15,8	17,1	13,6	16,7	16,2	16,1	14,2	14,4
Benzo (g, h,i) perilene	55	< lq	1,0	1,5	1,2	1,6	1,9	1,6	1,2	1,1	1,6	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	1,5	1,1	1,7	1,3	1,3
Benzo (k) fluorantene	20	15,9	12,4	14,0	14,0	15,4	16,4	16,3	15,8	5,9	15,0	16,9	6,4	16,6	17,7	14,1	17,1	16,7	16,4	14,6	14,7
Crisene	108	3,2	2,5	2,9	2,8	3,1	3,4	3,5	3,2	2,9	3,3	3,3	3,0	3,5	3,6	3,0	3,4	3,3	3,3	3,0	3,4
Dibenzo (a, h)antracene	6	< lq	< lq	0,7	0,7	0,8	0,8	< lq	< lq	0,7	0,7	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	0,8	< lq	< lq
Fenantrene	87	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fluorantene	113	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fluorene	21	1,3	1,1	0,6	1,1	< lq	1,3	1,5	< lq	1,4	1,3	2,1	1,9	1,8	2,2	1,6	1,5	1,7	1,0	1,3	1,6
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	4,4	3,5	3,9	3,8	4,2	4,6	4,8	3,9	3,7	4,0	4,8	3,6	4,4	4,6	3,6	4,7	4,4	4,6	4,3	4,0
Naftalene	35	6,9	95,9	0,4	8,1	< lq	135,0	263,0	< lq	5,8	1,5	233,9	284,8	99,6	165,7	33,3	10,0	2,6	0,8	1,0	170,3
Pirene	153	2,5	1,9	2,1	2,0	2,2	2,4	2,7	2,6	2,4	2,9	2,8	2,6	2,9	3,1	2,7	3,1	3,1	2,8	2,6	2,7
IPA Totali	900	57,9	136,3	45,0	53,8	47,1	189,4	318,0	47,2	39,7	51,6	291,4	321,5	155,3	225,0	80,4	65,9	57,7	53,2	49,3	219,8

LCB/PP	4° survey post lavori																				
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	
Acenaftene	7	3,6	2,7	2,7	2,8	0,5	2,8	2,5	2,3	0,8	1,3	2,3	3,2	0,6	2,5	3,6	4,0	2,1	4,3	3,4	0,5
Acenaftilene		4,2	3,8	3,6	3,5	2,8	3,6	3,5	3,5	3,0	3,2	3,4	3,8	2,9	3,6	4,1	4,3	3,5	4,3	3,9	3,1
Antracene	47	3,1	3,0	3,1	3,1	2,5	3,1	3,0	3,0	2,8	2,8	3,0	3,1	< lq	2,9	3,1	3,1	2,9	3,1	3,1	2,8
Benzo (a) antracene	75	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq															
Benzo (a) pirene	80	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq															
Benzo (b) fluorantene	40	10,9	4,0	10,1	11,3	< lq	9,7	6,9	4,3	< lq	10,0	3,7	8,9	< lq	3,4	10,4	9,6	4,5	6,3	7,1	< lq
Benzo (g, h,i) perilene	55	4,7	3,7	4,4	4,6	1,7	4,3	3,8	3,1	2,0	4,0	3,0	4,2	1,8	2,9	4,7	4,4	3,3	3,6	3,8	< lq
Benzo (k) fluorantene	20	2,2	< lq	1,9	2,8	< lq	1,8	0,7	< lq	< lq	2,1	< lq	1,4	< lq	< lq	1,8	1,6	< lq	0,7	1,0	< lq
Crisene	108	3,1	1,7	2,7	3,1	< lq	3,3	2,2	0,8	< lq	2,8	0,7	3,0	< lq	0,5	3,3	3,4	1,0	1,2	2,2	< lq
Dibenzo (a, h)antracene	6	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq															
Fenantrene	87	3,7	2,8	3,2	3,4	1,4	3,5	3,1	2,8	1,8	2,8	2,4	3,2	1,6	2,4	3,4	3,4	2,6	3,0	3,1	1,5
Fluorantene	113	4,8	3,7	4,4	4,5	2,5	4,4	3,9	3,8	2,9	3,8	3,6	4,4	2,8	3,5	4,5	4,4	3,5	3,8	4,1	2,7
Fluorene	21	3,9	2,7	3,4	3,8	0,4	3,5	3,4	2,3	0,7	1,3	2,4	3,6	< lq	2,5	4,0	4,2	2,3	4,8	4,0	< lq
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	4,6	3,1	3,9	4,9	< lq	3,8	3,3	1,4	< lq	4,2	1,4	3,9	< lq	0,9	5,2	4,2	2,2	2,7	2,8	< lq
Naftalene	35	44,6	30,9	1,1	0,9	0,7	2,3	1,2	16,7	1,6	23,9	2,9	5,7	1,4	23,2	36,9	52,2	3,2	13,1	3,9	0,8
Pirene	153	3,0	2,3	3,2	2,9	1,3	3,1	2,5	2,4	1,5	2,5	2,1	2,9	1,4	2,1	3,2	3,1	2,2	2,4	2,7	1,3
IPA Totali	900	96,4	64,3	47,6	51,6	13,7	49,2	40,0	46,4	17,2	64,8	30,8	51,3	12,4	50,5	88,2	101,9	33,3	53,3	44,9	12,8

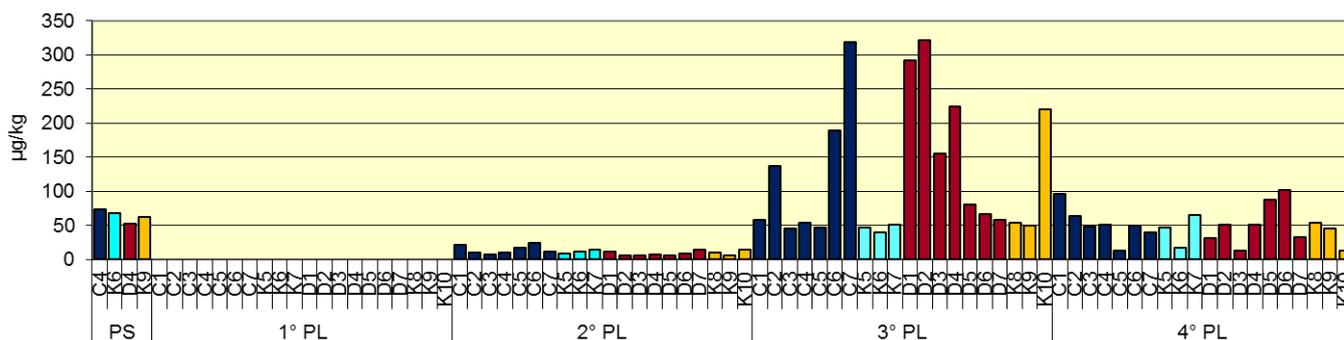


Fig. 3.3 - Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) di IPA nei sedimenti prelevati sino all'estate 2017. C4 e D4 = siti posti sul sea-line.

3.1.3. IDROCARBURI TOTALI

Gli idrocarburi leggeri ($C < 12$) non sono mai stati rilevati. Gli idrocarburi pesanti ($C > 12$), rilevati nel pre-survey solo in D4, sono ricomparsi per la prima volta nell'inverno 2017 (Tab. 3-III e fig. 3.4). In quel survey le concentrazioni erano basse e confrontabili tra transetti e controlli. Nell'estate 2017 è avvenuto un diffuso decremento che ha portato alla non rilevabilità in diverse stazioni. Ove presenti, i tenori registrati lungo i transetti sono risultati del tutto in linea con quelli dei controlli. Si ritiene che la condotta sottomarina non abbia alcuna influenza sulla distribuzione di questi composti.

Tab. 3-III - Concentrazioni degli Idrocarburi totali pesanti ($C > 12$; mg/kg s.s.) rilevati nell'intero periodo di osservazione. in rosso i siti posti in corrispondenza del sea-line. lq = limite di quantificazione.

	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		< lq	< lq	10,2	10,3
C2		< lq	< lq	14,6	7,4
C3		< lq	< lq	14,4	5,6
C4	< lq	< lq	< lq	13,1	7,1
C5		< lq	< lq	15,2	< lq
C6		< lq	< lq	12,9	6,6
C7		< lq	< lq	12,2	< lq
K5		< lq	< lq	11,8	< lq
K6	< lq	< lq	< lq	14,4	6,4
K7		< lq	< lq	13,5	9,9
D1		< lq	< lq	13,3	< lq
D2		< lq	< lq	14,6	< lq
D3		< lq	< lq	16,8	5,3
D4	4,1	< lq	< lq	11,9	< lq
D5		< lq	< lq	14,1	7,6
D6		< lq	< lq	11,5	9,9
D7		< lq	< lq	16,0	< lq
K8		< lq	< lq	12,8	< lq
K9	< lq	< lq	< lq	16,5	7,7
K10		< lq	< lq	13,1	< lq

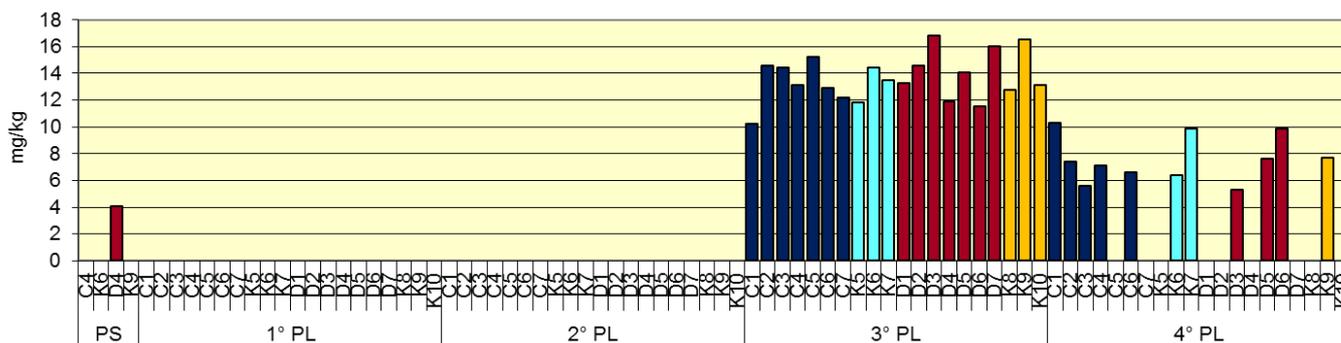


Fig. 3.4 - Concentrazioni (mg/kg s.s.) degli Idrocarburi totali pesanti (C>12) rinvenuti nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza del sea-line.

3.1.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati dal pre-survey all'estate 2017 sono riportati in Tab. 3-IV e in fig. 3.5. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai Livelli Chimici di Riferimento Nazionali (di seguito LCRN) 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).

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 erano state lievi; anche il picco rilevato in C5 (3,55%) non destava preoccupazioni essendo molto modesto in termini assoluti. Esso era apparso simile a quello registrato in C2 nell'estate successiva (3,43%) quando, a parte le concentrazioni in C2, C4 e D7 lievemente superiori rispetto ai controlli ma comunque molto basse, i tenori del metallo erano del tutto in linea tra i vari gruppi di siti. Anche nell'inverno 2017, quando è avvenuto un lieve incremento in molti siti, non sono state rilevate discrepanze tra transetti e controlli, le cui concentrazioni medie sono apparse del tutto confrontabili. Nell'ultimo survey si è verificata quasi ovunque una riduzione del metallo. Anche in questo caso le concentrazioni medie sono risultate omogenee (\pm dev.st.; C: $2,28 \pm 0,27$; K5-K7: $1,91 \pm 0,06$; D: $1,76 \pm 0,19$; K8-K10: $2,26 \pm 0,65\%$). Rispetto al pre-survey, nei siti comuni ai due monitoraggi è avvenuto un lieve decremento che non ha riguardato solo K9 in cui l'alluminio è leggermente aumentato.

Arsenico – Questo metallo era risultato trascurabilmente inferiore nell'area destinata ad accogliere la condotta rispetto ai controlli. A seguito della posa della struttura era avvenuto

un incremento e in diversi siti sia lungo i transetti che di controllo era stato superato l'LCRN. Nell'estate successiva molti tenori si erano abbassati. Lungo C le concentrazioni erano quasi tutte superiori ai rispettivi controlli ma solo in C3, C5 e C6, quest'ultimo caratterizzato dal picco stagionale (23,12 mg/kg) che è poi rimasto il massimo assoluto dell'intero periodo di indagine, veniva superato l'LCNR. Il transetto D era apparso più uniforme, comparabile ai siti K8-K10 e con concentrazioni tutte inferiori all'LCRN. Nell'inverno 2017 è avvenuto un aumento che ha portato al superamento dell'LCRN ovunque eccetto D1 e D2. Il metallo è apparso omogeneamente distribuito, senza picchi anomali, analogamente all'ultimo survey quando le concentrazioni medie sono risultate pari a $15,72 \pm 1,09$ e $14,79 \pm 1,08$ mg/kg rispettivamente lungo C e controlli K5-K7 e a $12,59 \pm 0,39$ e $13,34 \pm 0,55$ mg/kg lungo D e siti K8-K10. Rispetto all'inverno non sono avvenuti cambiamenti eclatanti, ma l'LCRN è stato superato ovunque senza eccezioni, seppur di poco. Si ritiene che tale superamento non sia imputabile alla presenza della condotta.

Bario – Durante il pre-survey erano state rilevate concentrazioni maggiori in C4 e D4 rispetto ai riferimenti. Dopo la posa era avvenuto un incremento generalizzato con tenori, seppur modesti, superiori lungo i transetti, mentre nell'estate 2016 le variazioni non erano state univoche; tuttavia, alcuni valori lungo C e tutto il transetto D continuavano a essere superiori rispetto a quelli dei controlli corrispondenti. Nell'inverno 2017 è avvenuta una riduzione in molte stazioni C, mentre quelle posizionate lungo il transetto D e i rispettivi controlli K8-K10 hanno presentato un leggero aumento. In ogni caso, mediamente non sono state riscontrate differenze tra i gruppi di siti. Nell'ultimo survey le concentrazioni rilevate in C sono risultate quasi tutte superiori a quelle dei riferimenti K5-K7 e tale differenza è emersa, anche se in modo modesto, anche con i tenori medi (C: $50,92 \pm 6,94$; K5-K7: $39,44 \pm 3,42$ mg/kg). Tale situazione non è stata determinata da un aumento rispetto all'inverno lungo il transetto dove, anzi, alcune concentrazioni si sono abbassate, quanto piuttosto da un decremento nei riferimenti. Le concentrazioni medie relative al transetto D e ai siti K8-K10 sono risultate del tutto confrontabili (D: $49,97 \pm 4,70$; K8-K10: $51,04 \pm 14,41$ mg/kg).

Dai risultati sinora ottenuti è possibile ipotizzare che le variazioni osservate per questo metallo siano esclusivamente naturali e che la condotta non influenzi la sua distribuzione. D'altro canto, si evidenzia che le concentrazioni rilevate in C4 e D4 nell'ultimo monitoraggio sono inferiori a quelle del pre-survey così come quella in K6. In K9, invece, l'ultimo valore è maggiore rispetto a quello registrato prima dei lavori di installazione.

Tab. 3-IV - 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 quattro monitoraggi post lavori (PL). In rosso la stazione corrispondente alla condotta sottomarina. n.d. = non determinabile.

	Alluminio					Arsenico					Bario					Cadmio					Cromo				
	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL
C1		3,10	2,76	2,69	2,61		14,36	10,53	13,32	13,93		76,10	59,12	57,09	60,30		0,069	0,062	0,052	0,063		73,83	73,78	81,25	74,81
C2		2,85	3,43	3,11	2,49		14,43	11,93	13,41	16,72		65,99	78,32	68,98	58,21		0,067	0,061	0,038	0,062		67,18	87,02	84,87	72,35
C3		2,57	2,84	2,13	2,34		16,02	14,61	14,98	16,18		59,33	58,90	45,61	50,55		0,071	0,058	0,047	0,064		67,22	77,61	67,17	69,79
C4	2,81	2,86	3,25	2,35	2,42	9,64	14,84	8,73	15,79	16,05	59,16	64,35	70,14	49,99	53,02	0,095	0,076	0,063	0,047	0,065	79,16	73,55	83,36	72,13	68,34
C5		3,55	2,64	2,39	2,01		15,44	14,66	14,74	16,76		81,29	54,92	50,57	44,45		0,073	0,056	0,043	0,064		86,07	71,90	70,90	63,66
C6		2,61	2,82	2,41	1,85		16,37	23,12	14,60	15,92		59,29	59,97	49,66	41,07		0,074	0,047	0,037	0,059		69,36	73,53	69,05	60,25
C7		2,35	2,59	2,48	2,24		14,44	10,64	15,19	14,50		52,55	54,32	52,37	48,80		0,078	0,046	0,045	0,064		62,14	72,92	72,43	66,72
K5		2,49	2,55	2,73	1,93		11,39	9,87	13,45	13,93		55,37	51,27	54,36	40,67		0,081	0,052	0,063	0,060		62,62	69,58	79,50	58,24
K6	2,26	1,92	2,58	2,31	1,85	10,33	16,66	10,83	15,21	14,44	46,38	41,90	52,86	47,32	35,57	0,069	0,074	0,059	0,055	0,062	63,32	56,88	70,37	74,26	58,93
K7		2,07	2,44	2,37	1,96		13,76	9,20	14,66	15,99		44,89	49,32	47,31	42,08		0,074	0,060	0,059	0,072		60,88	66,60	70,95	66,59
D1		2,33	2,20	2,09	1,66		11,24	10,79	10,36	12,34		62,24	55,87	50,47	44,92		0,071	0,064	0,037	0,061		61,85	64,05	60,68	54,94
D2		2,08	2,18	2,22	2,06		10,41	10,88	9,93	13,06		60,33	56,06	61,91	54,62		0,075	0,056	0,036	0,056		55,33	65,38	64,72	59,58
D3		2,62	1,89	2,81	1,88		12,11	8,77	13,13	13,13		78,38	49,50	74,37	51,50		0,072	0,056	0,055	0,062		65,29	60,27	82,24	58,23
D4	2,36	2,51	2,41	2,40	1,64	8,89	12,82	8,57	13,16	12,52	67,06	76,14	59,46	66,49	48,05	0,077	0,076	0,059	0,057	0,063	66,76	63,43	65,41	69,34	54,67
D5		2,85	2,29	2,69	1,86		14,56	10,22	14,47	12,40		82,00	61,10	71,86	57,32		0,076	0,054	0,061	0,063		72,55	63,77	79,84	56,24
D6		2,05	2,33	2,61	1,47		14,32	10,08	13,47	12,62		63,47	58,65	71,11	45,31		0,074	0,054	0,058	0,062		54,56	66,17	75,80	51,81
D7		2,42	2,95	2,38	1,72		9,99	7,41	13,71	12,04		71,26	74,53	60,46	48,05		0,079	0,045	0,061	0,066		60,81	85,45	76,46	55,50
K8		2,17	2,11	2,49	1,52		12,51	7,82	13,60	13,91		49,55	42,08	51,79	34,45		0,074	0,042	0,066	0,063		56,24	61,50	75,63	50,55
K9	2,22	2,72	2,43	2,98	2,51	9,99	10,34	9,39	13,52	13,29	46,28	63,63	51,45	65,36	58,18	0,072	0,081	0,045	0,056	0,062	62,42	63,78	68,68	81,95	68,53
K10		2,42	2,22	2,39	2,74		14,11	8,06	12,36	12,81		54,05	44,52	62,25	60,49		0,077	0,048	0,059	0,062		63,52	61,75	71,13	71,84

Tab. 3-IV - Continuo.

	Ferro					Gallio					Indio					Magnesio					Manganese				
	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL
C1		2,55	2,54	2,92	2,39		10,23	7,59	< 1,20	6,36		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,64	1,69	1,55	1,49		979,9	906,18	1230,56	929,45
C2		2,48	2,89	2,80	2,33		4,74	10,58	3,68	8,91		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,55	1,91	1,50	1,47		812,5	1060,27	1194,60	1009,72
C3		2,44	2,71	2,50	2,53		2,76	13,15	< 1,20	5,63		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,56	1,82	1,36	1,55		936,6	1087,04	1172,62	985,93
C4	2,82	2,68	2,76	2,67	2,40	7,02	1,82	9,38	2,55	4,96	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	2,02	1,64	1,85	1,42	1,49	1318,5	1011,6	1188,33	1260,94	863,15
C5		3,19	2,42	2,62	2,38		7,41	6,50	1,81	6,95		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,90	1,68	1,42	1,48		1192,0	1045,46	1245,63	889,61
C6		2,76	2,50	2,49	2,28		7,30	8,76	2,95	4,69		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,66	1,70	1,36	1,48		1220,1	804,66	1131,67	1031,49
C7		2,46	2,48	2,60	2,36		2,92	7,18	< 1,20	8,35		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,56	1,69	1,41	1,48		1021,8	812,26	1112,57	1070,79
K5		2,39	2,35	2,73	2,06		8,87	8,95	6,06	3,98		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,61	1,76	1,60	1,48		848,6	974,05	1054,94	1004,07
K6	2,27	2,25	2,43	2,63	2,26	6,17	7,01	10,57	3,02	7,87	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	1,86	1,57	1,84	1,59	1,46	959,1	889,8	1057,10	1271,31	1081,26
K7		2,22	2,28	2,55	2,13		5,54	8,78	1,40	7,49		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,56	1,75	1,47	1,48		873,0	870,30	1149,48	828,57
D1		2,24	2,27	2,15	2,04		5,86	8,25	3,61	4,55		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,59	1,72	1,34	1,45		885,1	752,58	761,67	916,75
D2		2,20	2,25	2,32	2,12		5,90	8,83	2,60	6,65		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,56	1,69	1,41	1,46		738,6	747,91	877,96	804,16
D3		2,49	2,09	2,83	2,14		5,67	7,47	4,08	4,29		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,70	1,59	1,59	1,42		978,3	888,29	1181,80	943,03
D4	2,35	2,39	2,25	2,40	2,00	6,46	5,98	7,46	2,81	1,90	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	1,96	1,63	1,68	1,44	1,43	963,4	833,8	868,33	1101,86	813,50
D5		2,67	2,20	2,82	2,05		9,55	10,86	5,25	6,94		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,77	1,65	1,57	1,42		982,7	741,62	1324,83	729,33
D6		2,19	2,17	2,55	1,95		2,32	6,30	5,36	4,87		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,53	1,68	1,47	1,39		871,9	882,54	966,55	826,04
D7		2,32	2,52	2,52	2,06		9,50	9,01	< 1,20	5,98		0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,58	1,83	1,45	1,42		802,9	919,68	1021,92	791,74
K8		2,23	2,16	2,78	1,93		4,68	8,12	< 1,20	4,06		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,57	1,62	1,55	1,43		908,3	643,35	999,70	911,22
K9	2,23	2,33	2,39	2,67	2,26	6,59	4,00	9,48	4,87	7,16	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	1,99	1,59	1,76	1,52	1,50	1112,1	745,1	953,52	1215,70	1040,46
K10		2,37	2,14	2,42	2,23		5,88	4,82	1,60	7,36		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02		1,62	1,61	1,42	1,48		1013,4	711,25	1183,46	999,62

Tab. 3-IV - Continuo.

	Mercurio					Nichel					Piombo					Rame					Silicio				
	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL
C1		0,039	0,042	0,042	0,045		55,64	59,44	66,97	53,24		15,16	18,29	13,00	14,73		16,80	16,12	18,08	13,43		214,68	25,41	95,05	98,06
C2		0,039	0,043	0,037	0,043		51,62	64,59	65,41	51,67		15,90	16,91	14,47	14,44		15,94	17,32	16,60	13,25		164,93	11,54	139,67	62,89
C3		0,038	0,048	0,041	0,045		54,20	63,26	58,19	56,84		15,17	17,15	12,09	15,94		16,24	17,25	15,58	14,86		125,93	30,97	35,92	54,52
C4	0,042	0,041	0,042	0,041	0,045	65,05	60,09	64,52	60,72	52,25	13,11	15,79	16,77	13,19	14,16	16,61	18,92	16,96	17,08	13,81	10,96	181,01	42,39	46,22	34,41
C5		0,042	0,041	0,040	0,045		67,82	60,27	60,40	51,90		15,59	19,09	13,78	14,82		20,62	15,20	16,75	14,38		161,07	7,69	45,89	30,71
C6		0,041	0,045	0,039	0,046		60,10	57,48	56,65	51,45		16,45	19,20	13,95	14,08		19,02	15,35	15,32	13,76		145,83	19,79	61,04	41,14
C7		0,043	0,041	0,039	0,043		52,74	60,86	60,80	50,97		14,15	16,29	12,29	13,21		17,68	16,36	16,03	14,07		187,14	2,53	57,74	34,87
K5		0,045	0,037	0,035	0,055		50,66	54,43	61,81	45,42		16,48	14,37	11,73	13,58		15,47	14,27	16,17	11,80		125,91	57,74	32,38	20,50
K6	0,035	0,030	0,037	0,034	0,043	50,40	50,16	57,79	61,94	51,64	11,39	16,39	13,42	12,11	13,44	13,34	15,34	15,60	15,94	14,86	5,62	125,00	94,50	52,90	24,88
K7		0,035	0,036	0,039	0,040		48,58	54,67	57,39	50,24		15,47	13,86	11,70	15,07		14,90	13,68	15,42	11,85		109,78	33,24	19,12	138,02
D1		0,037	0,039	0,035	0,043		48,41	52,53	48,67	45,40		12,29	19,87	10,31	15,05		15,00	14,14	12,60	11,56		164,49	79,32	43,78	168,88
D2		0,041	0,040	0,040	0,041		45,91	52,72	51,56	46,58		12,69	15,23	11,00	14,66		14,17	13,93	13,91	11,50		140,96	30,61	58,17	131,61
D3		0,036	0,039	0,047	0,045		49,58	50,93	61,38	48,69		15,79	15,87	11,08	15,76		16,18	13,61	16,74	11,76		182,22	19,98	42,64	137,00
D4	0,037	0,036	0,039	0,038	0,043	51,53	49,62	50,37	50,87	44,92	12,01	15,39	16,62	11,52	14,61	13,49	16,42	13,87	14,48	11,58	5,43	105,19	52,62	25,78	117,51
D5		0,044	0,042	0,037	0,043		55,69	50,92	63,82	45,00		17,08	16,61	12,75	15,86		17,59	13,79	17,48	11,51		135,72	73,67	20,78	107,17
D6		0,044	0,045	0,037	0,044		45,68	54,46	56,73	43,76		16,42	17,67	12,29	16,53		14,79	14,10	15,56	11,43		117,06	13,10	22,22	75,90
D7		0,038	0,039	0,050	0,046		46,97	64,63	58,78	44,92		16,26	13,72	13,12	17,17		15,34	15,89	15,68	12,07		156,99	39,33	50,10	101,47
K8		0,031	0,035	0,036	0,039		45,67	51,03	62,38	43,24		16,00	14,70	12,85	15,93		14,21	13,30	16,79	10,81		132,42	14,25	26,79	102,28
K9	0,035	0,031	0,037	0,034	0,042	50,07	48,81	58,23	62,10	49,14	13,42	16,63	17,59	12,09	15,78	12,86	14,73	14,18	15,40	12,28	< 5	195,43	8,54	21,50	204,76
K10		0,034	0,035	0,035	0,041		50,39	50,51	55,41	49,26		18,09	15,42	15,85	15,40		15,71	12,24	15,58	12,90		158,00	14,78	21,84	124,27

Tab. 3-IV - Continuo.

	Stagno					Titanio					Vanadio					Zinco					Zirconio				
	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL
C1		3,05	2,36	1,33	1,79		420,64	263,01	200,77	332,34		73,86	63,65	67,53	64,00		70,82	76,11	85,63	66,58		8,23	7,37	4,83	6,57
C2		< 1,20	1,35	< 1,20	< 1,20		340,45	393,80	366,00	259,48		69,44	78,17	73,48	61,48		68,59	86,00	80,79	65,36		7,72	8,45	5,28	6,24
C3		1,51	2,44	< 1,20	< 1,20		222,77	237,33	96,14	151,44		63,98	66,71	54,02	59,74		68,67	81,45	74,35	72,26		7,17	7,06	3,43	6,35
C4	2,61	< 1,20	1,66	< 1,20	< 1,20	132,78	275,64	330,24	113,84	207,32	68,09	70,06	72,63	58,82	60,15	83,74	75,50	84,10	79,89	67,64	5,25	7,63	8,36	3,72	6,29
C5		2,94	1,22	< 1,20	2,73		358,40	226,54	133,91	96,85		84,86	61,38	59,50	53,04		89,71	73,41	79,28	68,55		9,26	6,47	3,83	5,65
C6		< 1,20	4,34	3,27	2,06		174,57	295,52	168,94	77,22		67,46	63,72	59,32	49,28		79,81	75,25	73,97	65,32		7,57	6,80	3,73	5,25
C7		1,55	1,20	2,89	1,78		190,17	197,01	148,13	160,13		60,95	60,43	60,22	56,97		69,82	75,69	77,20	67,17		7,05	6,47	3,92	6,05
K5		< 1,20	3,82	< 1,20	< 1,20		283,71	295,47	284,08	173,26		63,25	59,66	67,56	50,20		67,18	68,88	76,99	58,05		7,09	6,49	5,13	5,21
K6	< 1,20	< 1,20	5,07	5,19	< 1,20	158,51	117,22	300,82	140,21	59,93	55,76	51,94	61,75	59,62	46,64	65,17	64,45	72,60	76,71	67,85	4,36	5,99	6,90	4,38	4,39
K7		< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20		170,19	265,80	162,53	196,87		53,59	57,80	58,69	50,83		63,45	68,24	73,38	59,33		6,57	6,66	4,40	5,22
D1		< 1,20	2,23	< 1,20	< 1,20		308,45	242,10	208,49	138,97		58,92	53,93	51,73	44,72		62,65	68,20	61,34	58,69		6,58	5,79	3,01	4,32
D2		1,25	< 1,20	2,37	< 1,20		195,90	223,62	216,80	225,21		53,08	52,20	54,47	51,89		62,80	68,79	66,87	60,39		5,94	5,54	3,30	5,07
D3		< 1,20	4,50	< 1,20	< 1,20		393,27	138,20	319,54	182,15		65,09	46,30	68,58	49,56		70,00	64,36	80,48	61,15		7,68	5,27	5,33	4,74
D4	1,96	< 1,20	3,41	2,00	< 1,20	182,57	315,43	304,78	283,11	134,26	56,78	61,65	56,01	58,64	43,93	68,65	67,24	67,67	67,91	57,40	4,57	6,88	5,95	3,91	4,29
D5		< 1,20	< 1,20	< 1,20	1,66		389,13	262,16	265,24	188,65		69,94	53,81	66,02	48,25		75,16	65,83	81,66	57,77		8,09	5,60	5,11	4,65
D6		< 1,20	2,08	< 1,20	< 1,20		201,00	193,57	302,39	84,84		52,86	55,34	62,45	40,31		62,26	70,11	73,06	57,04		6,18	5,59	4,62	3,90
D7		< 1,20	2,38	1,97	2,32		305,96	396,91	217,79	128,94		59,40	66,51	59,02	45,42		65,20	75,82	72,50	59,30		6,98	6,92	4,25	4,56
K8		< 1,20	1,69	2,72	4,06		251,42	193,93	208,53	137,81		56,86	52,09	62,31	42,45		62,49	65,48	80,92	53,98		6,28	5,91	4,63	4,05
K9	< 1,20	< 1,20	3,04	2,11	< 1,20	192,33	420,36	273,01	391,07	364,02	53,92	65,88	58,08	69,71	60,49	64,93	64,23	72,75	75,99	62,97	4,75	6,77	6,56	5,12	6,04
K10		< 1,20	< 1,20	1,87	3,40		264,17	270,38	207,00	372,37		60,07	53,01	60,63	60,76		67,80	63,99	70,14	62,94		6,89	5,88	4,51	5,84

Tab. 3-IV - Continuo.

	Ossido di Zirconio				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		11,11	9,96	6,52	8,87
C2		10,42	11,41	7,13	8,42
C3		9,67	9,53	4,63	8,57
C4	7,10	10,31	11,29	5,02	8,49
C5		12,50	8,74	5,17	7,63
C6		10,22	9,18	5,04	7,09
C7		9,52	8,73	5,30	8,16
K5		9,57	8,76	6,92	7,04
K6	5,88	8,08	9,31	5,91	5,92
K7		8,87	8,99	5,94	7,05
D1		8,89	7,81	4,06	5,83
D2		8,02	7,48	4,45	6,85
D3		10,36	7,12	7,20	6,39
D4	6,17	9,29	8,03	5,27	5,80
D5		10,92	7,56	6,90	6,28
D6		8,35	7,54	6,24	5,27
D7		9,43	9,34	5,74	6,15
K8		8,48	7,97	6,26	5,47
K9	6,42	9,14	8,86	6,91	8,15
K10		9,30	7,93	6,08	7,88

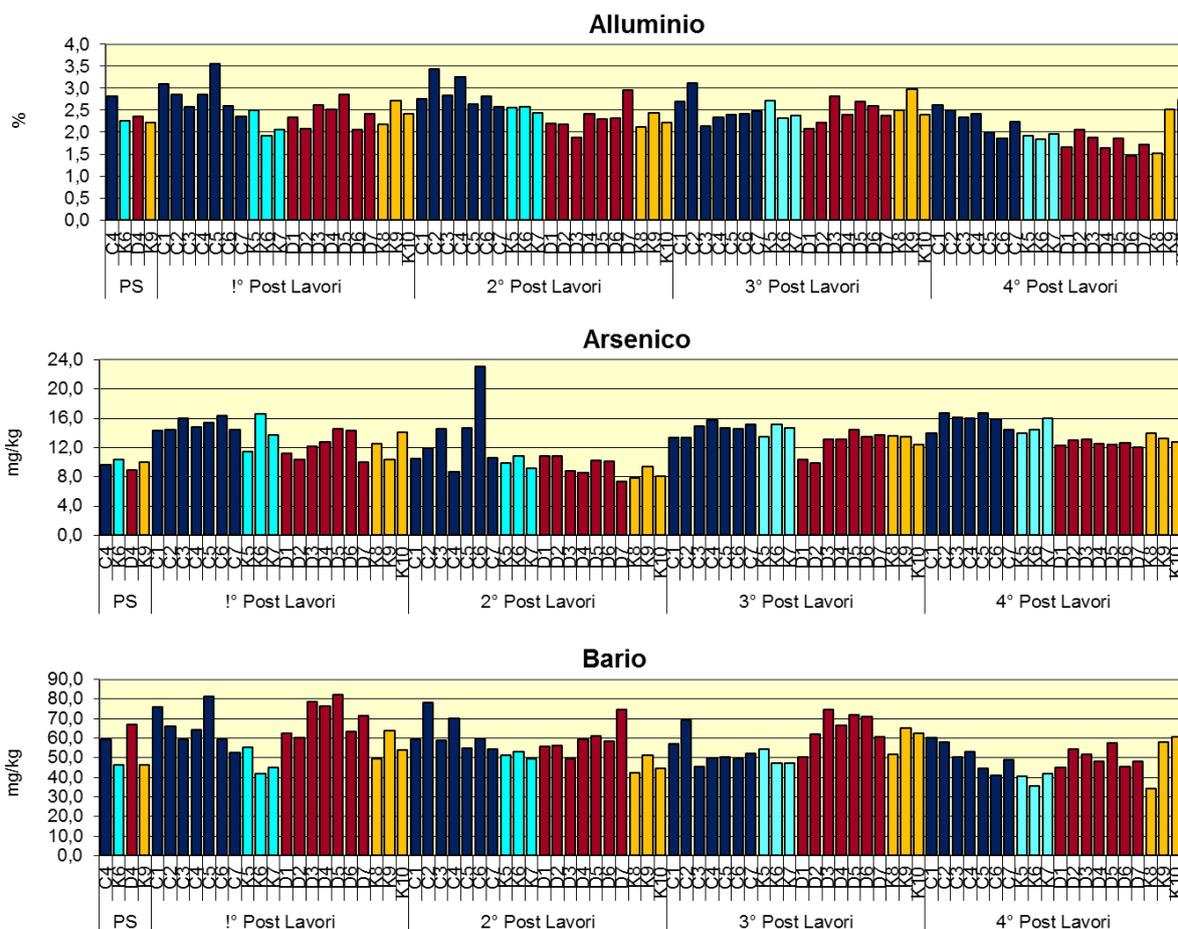


Fig. 3.5 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate dal pre-survey all'estate 2017. C4 e D4 = stazioni corrispondenti al sea-line.

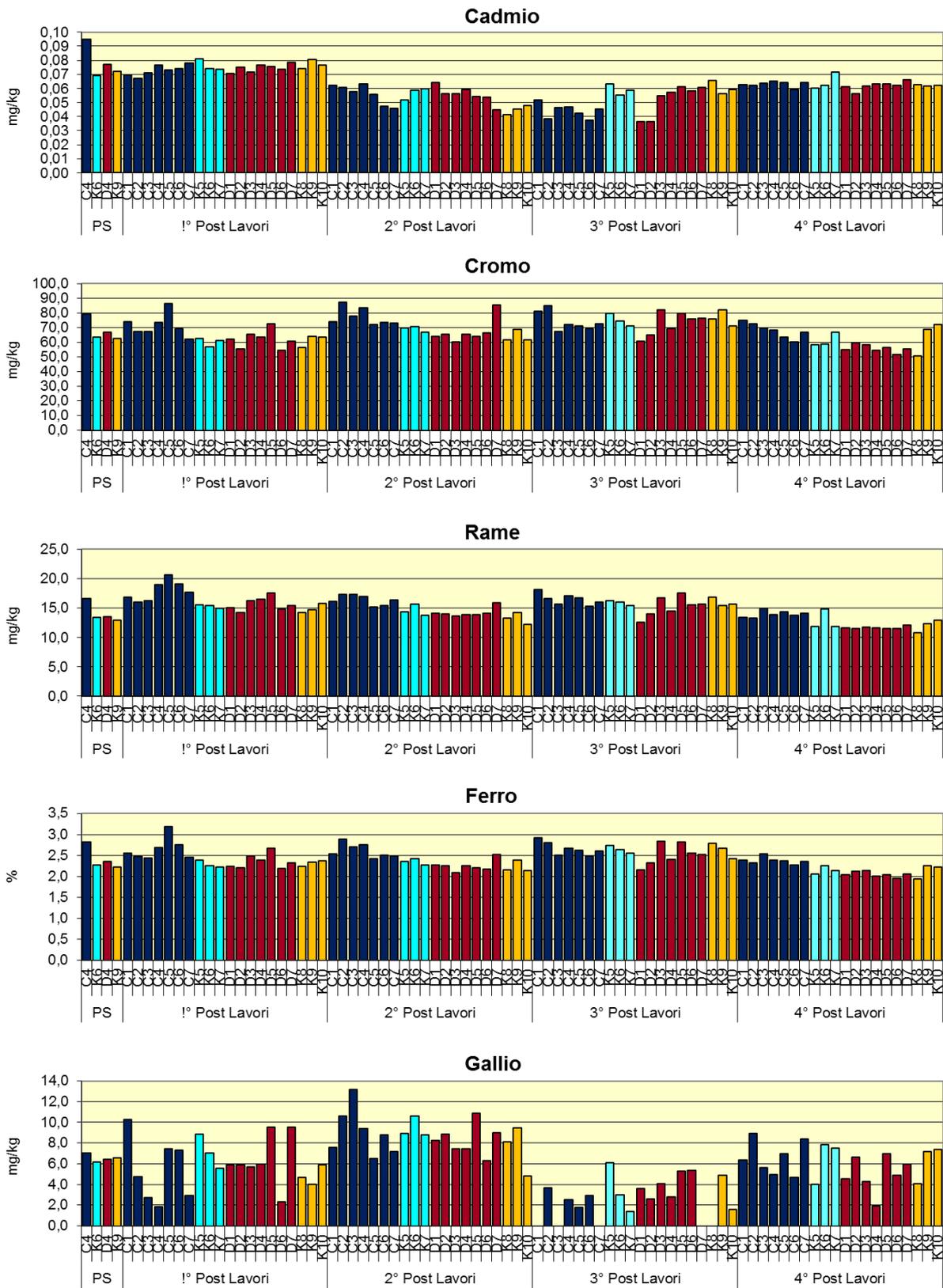


Fig. 3.5 - Continuo.

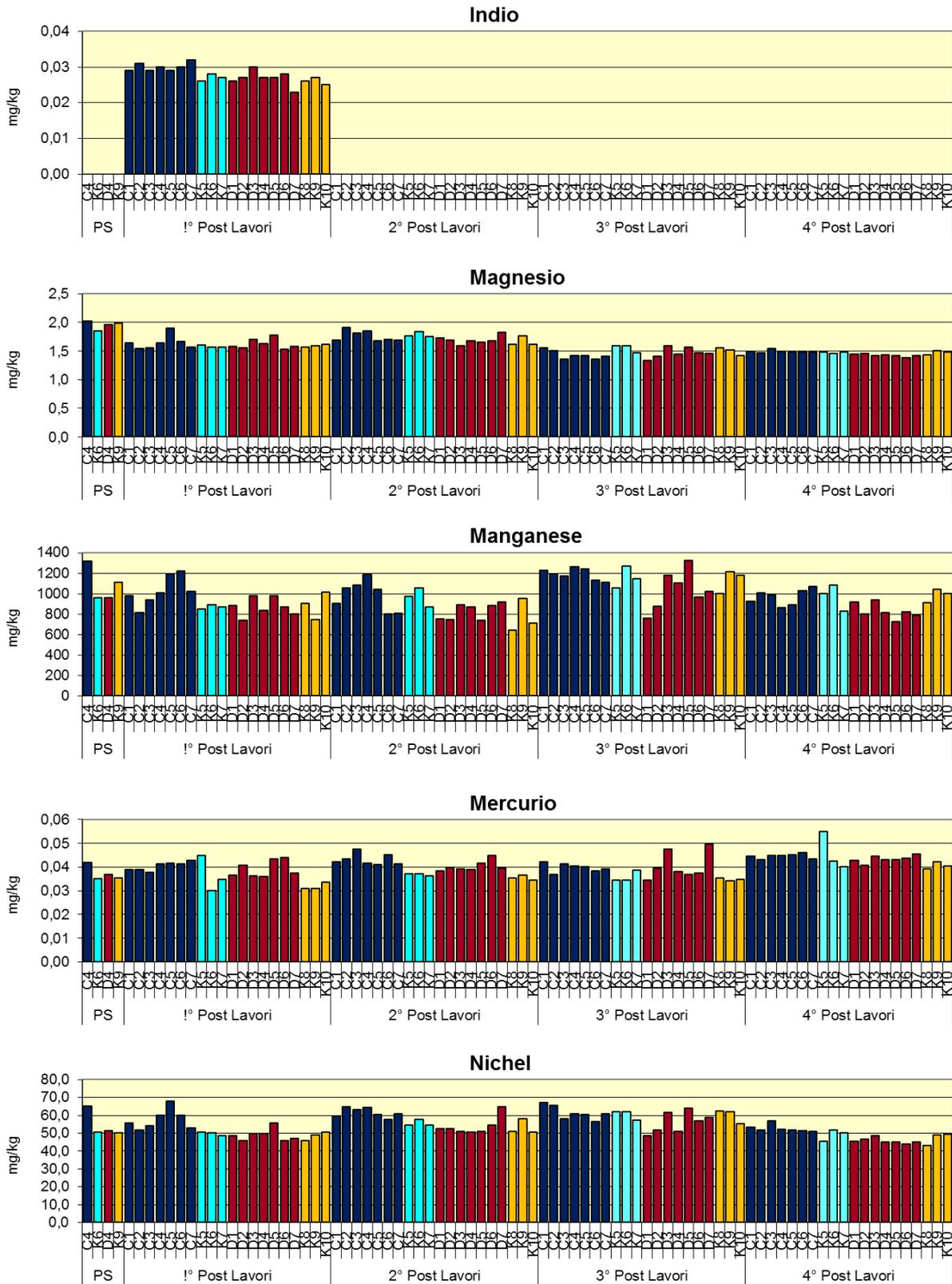


Fig. 3.5 - Continuo.

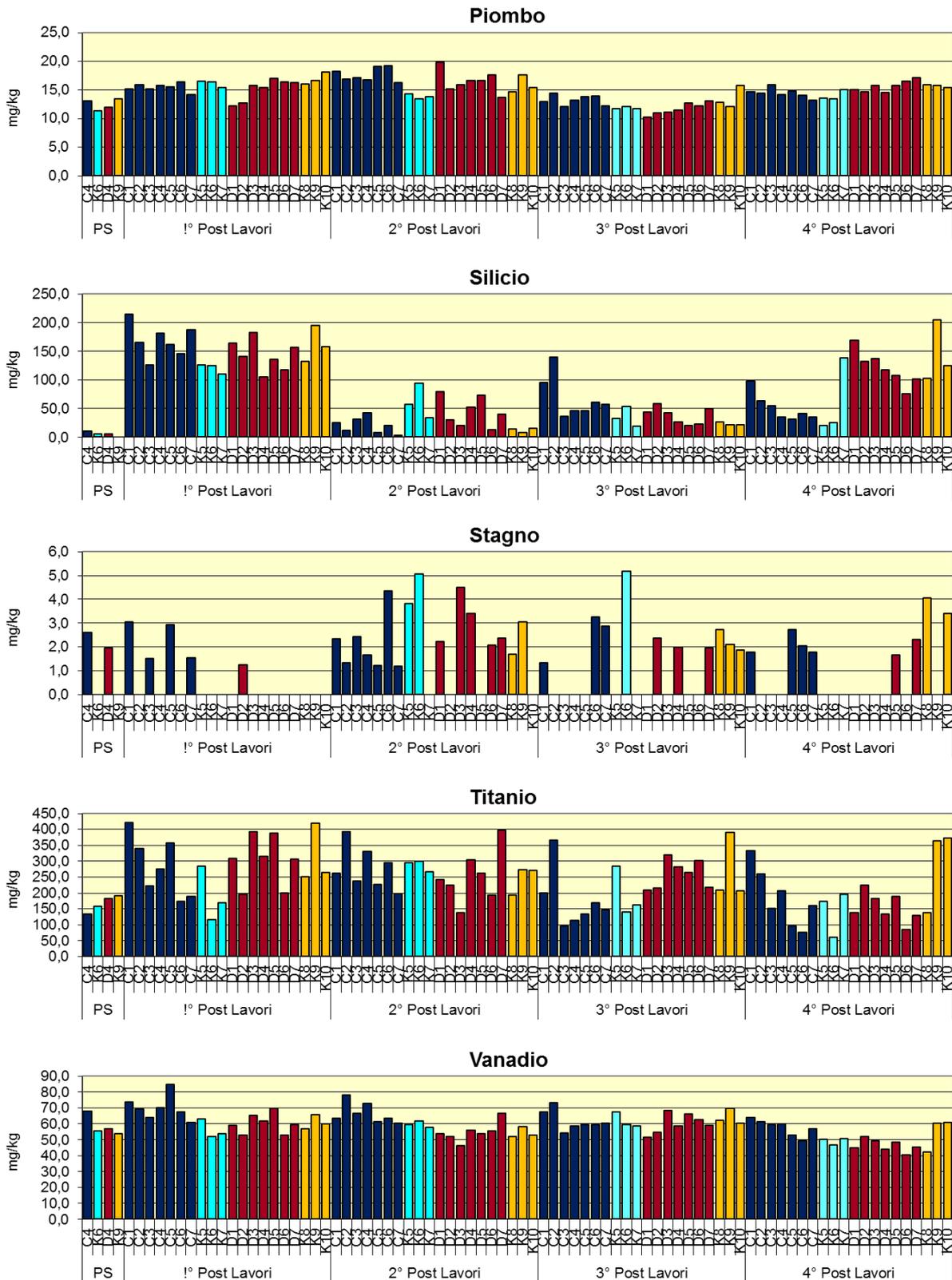


Fig. 3.5 - Continuo.

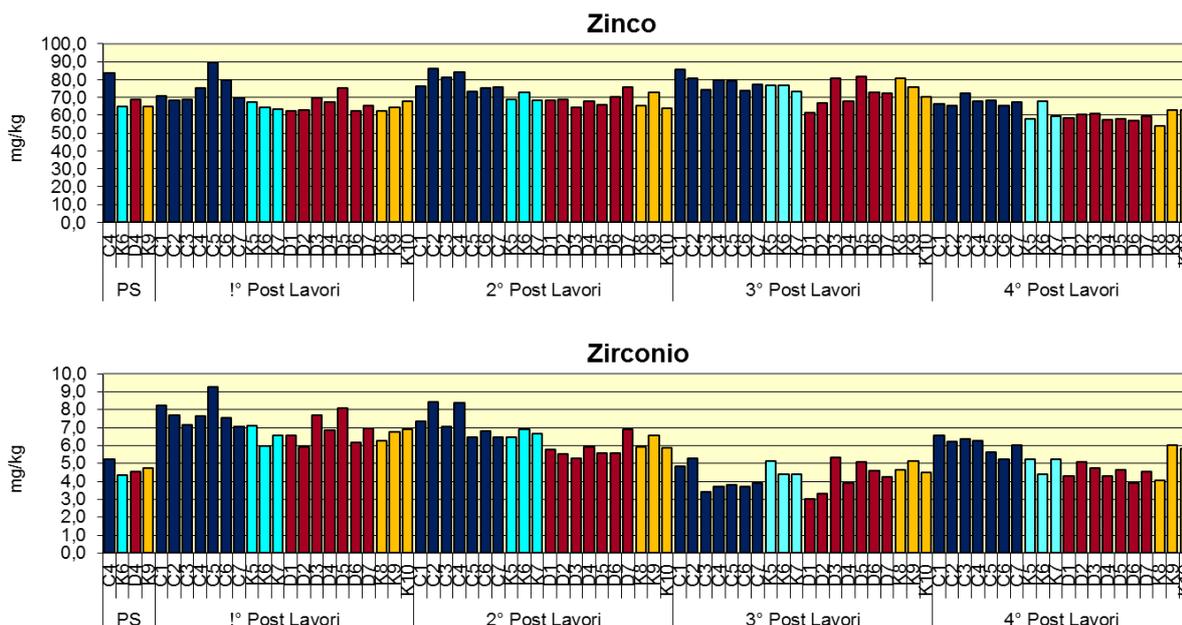


Fig. 3.5 - Continuo.

Cadmio – In tutto il periodo le concentrazioni sono risultate notevolmente inferiori all’LCNR. Anche il cadmio nel pre-survey era risultato trascurabilmente più concentrato in C4 e D4 rispetto ai riferimenti. Nell’inverno 2016 le concentrazioni erano molto omogenee tra loro e nell’estate seguente il metallo si era ridotto ovunque. Lungo C i tenori erano comparabili o inferiori (siti C6 e C7) a quelli dei controlli, mentre lungo D erano apparsi leggermente superiori ai rispettivi riferimenti eccetto in D7 risultato perfettamente in linea. Nell’inverno 2017 è stato osservato un decremento lungo C e nei siti D1 e D2 e le concentrazioni lungo i transetti sono apparse inferiori o comparabili a quelle dei controlli. Al contrario, nell’ultimo survey è avvenuto un aumento lungo C che è diventato completamente in linea con i riferimenti. Una notevole omogeneità è stata riscontrata anche tra D e siti K8-K10. Rispetto al pre-survey si osserva una trascurabile flessione dei valori. Comunque, date le concentrazioni così modeste, le variazioni registrate nell’intero periodo non sono degne di nota.

Cromo – Sin dal pre-survey il contenuto di cromo è sempre stato superiore all’LCRN in tutte le stazioni controlli inclusi. Pertanto, tale superamento non è imputabile alla presenza della condotta. Nel 1° post lavori i tenori lungo C erano risultati quasi tutti superiori ai riferimenti 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 era creata una maggiore uniformità tra transetti e riferimenti. Il massimo era stato registrato in C2 (87,02 mg/kg), valore molto simile a D7 (85,45 mg/kg). Nel 3° post lavori è stata confermata

l'omogeneità ma le variazioni dal monitoraggio precedente non sono state univoche, essendo le concentrazioni aumentate in alcuni siti e diminuite in altri. Nell'estate 2017 non sono avvenuti particolari cambiamenti lungo C mentre nei controlli K5-K7 il cromo si è leggermente ridotto. Lungo D i tenori si sono abbassati diventando inferiori ai controlli K9 e K10. Comunque, mediamente non sono state riscontrate differenze tra i gruppi di siti (C: $67,99 \pm 4,99$; K5-K7: $61,25 \pm 4,63$; D: $55,85 \pm 2,53$; K8-K10: $63,64 \pm 11,46$ mg/kg). Rispetto al pre-survey, il cromo si è ridotto in C4 e D4, è rimasto invariato in K6 ed è aumentato in K9.

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 erano diventate tutte più omogenee e tali sono rimaste sino all'estate 2017. In quest'ultimo survey, infatti, i tenori medi sono apparsi tutti sovrapponibili (C: $13,94 \pm 0,55$; K5-K7: $12,83 \pm 1,75$; D: $11,63 \pm 0,22$; K8-K10: $12,00 \pm 1,07$ mg/kg). Rispetto al pre-survey non si evidenziano variazioni di rilievo. Si fa presente che in tutto il periodo le concentrazioni sono state sempre nettamente inferiori all'LCRN.

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 le concentrazioni sono sempre state confrontabili tra transetti e rispettivi riferimenti. Solo nel 1° survey post lavori erano stati rilevati dei tenori leggermente superiori rispetto ai controlli nel tratto C4-C6 e in D5. Comunque, le percentuali sono sempre state così basse che le differenze tra i siti nell'ambito di un singolo monitoraggio e quelle tra i vari periodi di indagine sono davvero irrisorie.

Gallio – Questo metallo era risultato omogeneamente distribuito nei siti indagati durante il pre-survey, contrariamente a quanto osservato nei monitoraggi successivi. In generale, al di là delle variazioni da una stazione all'altra, sono avvenuti un aumento nell'estate 2016, una riduzione nell'inverno 2017, quando il metallo è addirittura sceso al di sotto del limite di rilevabilità in diverse stazioni, e un nuovo incremento nell'estate successiva. Le concentrazioni medie rilevate in quest'ultimo campionamento sono risultate confrontabili tra transetti e controlli (C: $6,55 \pm 1,63$; K5-K7: $6,45 \pm 2,14$; D: $5,03 \pm 1,72$; K8-K10: $6,19 \pm 1,85$ mg/kg). I tenori nei siti corrispondenti alla condotta sottomarina sono diminuiti rispetto al pre-survey, quelli dei riferimenti K6 e K9 sono invece aumentati.

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

Magnesio – Il magnesio è sempre risultato estremamente omogeneo in tutto il periodo di osservazione. Le massime concentrazioni, comunque anch'esse molto modeste, sono state rilevate prima della realizzazione della condotta.

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. Nel monitoraggio successivo erano aumentati i tenori da C2 a C4 e nei controlli K5 e K6, oltre che in D4 e K9, altrove si erano abbassati, ma in entrambi i casi le variazioni erano state spesso minime. Solo in C4 il contenuto di manganese appariva superiore a quelli dei rispettivi riferimenti, ma la concentrazione raggiunta era inferiore a quella del pre-survey.

Nell'inverno 2017 è avvenuto un incremento generalizzato sia lungo i transetti che ai controlli. Le concentrazioni sono comunque apparse confrontabili e non hanno superato quella di C4 relativa al pre-survey eccetto in D5, dove il superamento è stato comunque minimo.

Nell'ultimo campionamento è avvenuto un decremento e tutti i siti dei transetti sono rientrati nei range dei riferimenti corrispondenti. Rispetto al pre-survey è avvenuta una flessione che non ha interessato solo K6.

Mercurio – I valori di mercurio sono sempre risultati estremamente bassi, tutti ampiamente inferiori all'LCRN, tanto che le differenze tra sito e sito sono da ritenere del tutto trascurabili.

Nichel – Contrariamente al mercurio, salvo poche eccezioni il nichel ha sempre superato l'LCRN ovunque, anche nel pre-survey. A parte nel 1° monitoraggio post lavori quando il tratto C4-C6 aveva presentato concentrazioni superiori a quelle dei riferimenti K5-K6, non sono mai state osservate discrepanze tra transetti e controlli corrispondenti, neanche nell'ultimo monitoraggio in cui è avvenuta una leggera riduzione (C: $52,62 \pm 1,99$; K5-K7: $49,10 \pm 3,26$; D: $45,61 \pm 1,59$; K8-K10: $47,21 \pm 3,44$ mg/kg). In C4 e D4 le concentrazioni sono diventate leggermente più basse di quelle del pre-survey; nei due controlli, invece, non vi sono differenze apprezzabili tra i due monitoraggi.

Piombo – Il piombo è presente nell'area investigata in concentrazioni molto 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 medi risultavano del tutto confrontabili tra i vari gruppi di stazioni. Un aumento, lieve, era avvenuto anche nell'estate 2016 lungo tutto il transetto C, in 5 siti di D e in K9; altrove il piombo si era ridotto. Dunque, C

appariva lievemente più contaminato dei rispettivi controlli, così come D1 in cui era stato raggiunto il massimo assoluto dell'intero periodo (19,87 mg/kg), concentrazione anch'essa comunque notevolmente inferiore all'LCNR. Nell'inverno 2017 il piombo si è ridotto leggermente per poi aumentare di nuovo in estate. In quest'ultimo campionamento le concentrazioni sono risultate tutte omogenee (C: $14,48 \pm 0,84$; K5-K7: $14,03 \pm 0,90$; D: $15,66 \pm 0,96$; K8-K10: $15,70 \pm 0,27$ mg/kg) e lievemente maggiori rispetto a quelle del pre-survey in corrispondenza sia del sea-line, sia dei controlli K6 e K9.

Silicio – La nota elevata variabilità del silicio si è manifestata sin dal 1° survey post lavori di installazione, quando 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 suoi riferimenti. Si era comunque ritenuto prematuro ricondurre quanto osservato alla presenza della condotta. In effetti, nell'estate successiva era avvenuta una forte riduzione delle concentrazioni, anche se non erano stati raggiunti i bassi tenori del pre-survey né lungo i transetti, né ai controlli. Il transetto C era inferiore o comparabile a K5-K7, D quasi tutto superiore a K8-K10.

Nell'estate 2016 e nell'inverno 2017 i tenori, seppur disomogenei, sono risultati inferiori a quelli del 1° post lavori. In estate il transetto C era risultato meno contaminato dei controlli K5-K7 e D più impattato di K8-K10; in inverno la situazione era risultata opposta. Nell'ultimo monitoraggio le variazioni lungo C sono state lievi, così come nei riferimenti eccetto K7 caratterizzato da un incremento. Negli altri due gruppi di stazioni, invece, il silicio è aumentato tornando ai livelli dell'inverno 2016. Non si sono tuttavia evidenziate differenze tra i siti D e i riferimenti. L'elevata variabilità di questo metallo non consente di identificare dei trend relazionabili alla presenza della condotta.

Stagno – Anche lo stagno ha presentato un'elevata variabilità tra i siti, in molti dei quali è risultato inferiore al limite di quantificazione della metodica in tutti i campionamenti.

Il picco è stato rilevato nel controllo K5 (5,19 mg/kg) nell'inverno 2017, corrispondente al valore più elevato dell'intero periodo di monitoraggio. Il comportamento dello stagno è presumibilmente legato alla sua elevata variabilità e non riflette un legame con la presenza della condotta.

Titanio – Analogamente al gallio, al silicio e allo stagno, anche il titanio è risultato abbastanza variabile in tutto il periodo, incluso l'ultimo survey. Vi è però un comportamento differente nei transetti, apparentemente comune nella maggior parte dei monitoraggi post lavori di installazione: il transetto C ha sempre presentato alcune concentrazioni superiori al range dei rispettivi controlli, mentre il transetto D, seppur

anch'esso caratterizzato da andamenti altalenanti, è sempre rientrato nell'intervallo dei riferimenti K8-K10 eccetto due siti (D4 e D7) nell'estate 2016.

Vanadio – Il vanadio ha raggiunto il suo massimo nell'inverno 2016 in C5 (84,86 mg/kg). In quel monitoraggio, oltre a questo erano risultati maggiori rispetto ai controlli anche le concentrazioni rilevate in quasi tutto il transetto C, anche se le differenze erano minime. D era invece apparso confrontabile con i rispettivi riferimenti. Nell'estate 2016 era avvenuto un lieve decremento generalizzato eccetto nei siti C2-C4, gli unici a presentare un contenuto di vanadio trascurabilmente maggiore rispetto ai controlli, e in D7, leggermente maggiore dei propri riferimenti. Nell'inverno 2017 è stata riscontrata una buona omogeneità che è stata confermata anche nell'ultimo monitoraggio (C: $57,81 \pm 5,12$; K5-K7: $49,22 \pm 2,25$; D: $46,30 \pm 3,88$; K8-K10: $54,57 \pm 10,49$ mg/kg), quando è avvenuto un leggero decremento generale. Rispetto al pre-survey le concentrazioni in C4, K6 e D4 si sono leggermente abbassate, quella di K9 è lievemente aumentata.

Zinco – I valori dello zinco sono sempre stati inferiori all'LCRN. Nel pre-survey era stata notata una concentrazione leggermente maggiore in C4 rispetto a K6, e nei tre monitoraggi successivi alcuni siti del transetto C hanno presentato un contenuto del metallo lievemente più alto rispetto ai controlli. Una maggiore omogeneità ha sempre caratterizzato D e riferimenti K8-K10. Nell'ultimo campionamento anche tutto il transetto C è diventato omogeneo con i propri controlli (C: $67,55 \pm 2,38$; K5-K7: $61,74 \pm 5,33$; D: $58,82 \pm 1,55$; K8-K10: $59,96 \pm 5,18$ mg/kg). Rispetto al pre-survey si sono leggermente abbassate le concentrazioni in C4 e D4 mentre i controlli sono rimasti invariati.

Zirconio e Ossido di 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 era avvenuto un incremento generalizzato con un picco in C5 (9,26 mg/kg) mai più raggiunto. Nell'estate 2016 lo zirconio si era leggermente ridotto ovunque eccetto in C2 e C4 che, con 86,00 mg/kg e 84,10 mg/kg rispettivamente, rappresentavano gli unici due siti con un contenuto del metallo leggermente superiore a quello dei controlli.

Nell'inverno 2017 il decremento è stato più marcato e ha coinvolto tutti i siti, con il raggiungimento di concentrazioni molto simili a quelle del pre-survey. Nell'estate successiva è invece avvenuto un aumento lungo C, dove diverse concentrazioni sono risultate leggermente maggiori rispetto a quelle dei controlli. Si tratta comunque di differenze molto lievi. Rispetto al pre-survey i tenori in C4 e K9 sono risultati leggermente maggiori, mentre quelli di D4 e K6 sono del tutto confrontabili.

Per l'ossido di zirconio, essendo stato determinato per via stechiometrica, valgono le

medesime considerazioni dello zirconio.

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-V e fig. 3.6).

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

	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		24506	33560	25740	41260
C2		25349	30583	28837	38054
C3		24606	33487	27598	32810
C4	41000	25184	36591	28395	45007
C5		30136	34891	32558	36763
C6		25804	35034	31445	40265
C7		27211	34523	33652	53017
K5		24902	32290	26804	32948
K6	35500	24791	34664	27257	58918
K7		23385	32235	33513	37877
D1		22496	31285	28637	39415
D2		26982	30654	29284	44657
D3		27065	31673	28322	35738
D4	34000	26505	34450	32711	41895
D5		69942	29250	32466	36633
D6		21729	33032	29639	40473
D7		23581	32202	30129	48029
K8		22698	27472	27701	36120
K9	33800	22546	29306	29403	43377
K10		22337	29690	28849	48966

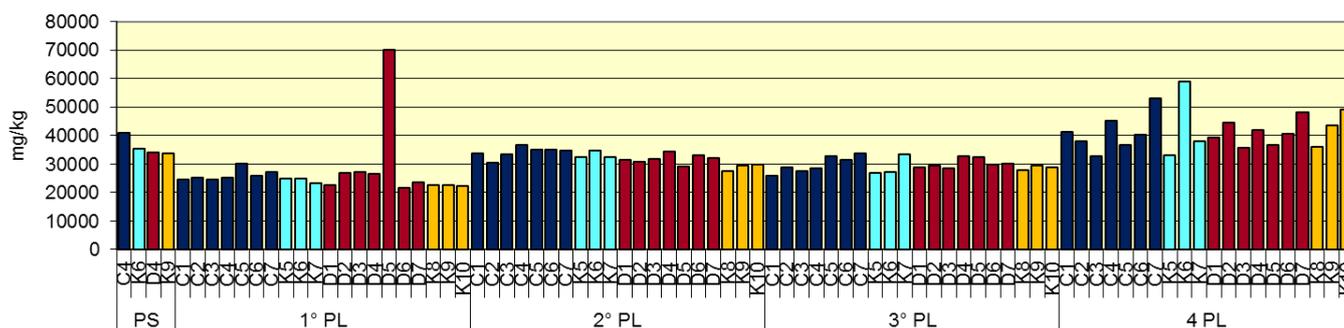


Fig. 3.6 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati dal pre-survey al 4° monitoraggio post lavori di installazione. C4 e D4 = stazioni corrispondenti al sea-line.

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) che rappresenta il massimo assoluto dell'intero

periodo di indagine. Nell'estate 2016 questa anomalia era scomparsa e il tenore di D5 era diventato comparabile agli altri, caratterizzati da un lieve incremento rispetto al monitoraggio precedente pur mantenendosi ancora leggermente inferiori rispetto al pre-survey.

Il 3° campionamento post lavori non ha presentato particolari variazioni, mentre nel 4° è avvenuto un aumento generalizzato della sostanza organica che ha coinvolto anche i siti di controllo. Tuttavia, le concentrazioni di entrambi i transetti sono risultate allineate con quelle dei rispettivi riferimenti. Rispetto al pre-survey è avvenuto un lieve incremento sia in corrispondenza della condotta, sia in K6 e K9.

3.1.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Prima dell'installazione del sea-line il TOC era stato quantificato solo nelle stazioni poste in corrispondenza della futura condotta (Tab. 3-VI e fig. 3.7).

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

	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		6300	5530	4590	6370
C2		4500	5370	6020	6800
C3		3900	6850	6490	6850
C4	3900	1800	6220	7260	6720
C5		7500	6350	7360	7030
C6		1900	5880	7130	6440
C7		12000	6310	7520	7220
K5		5000	4740	5810	6080
K6	<1000	12000	5430	6120	6780
K7		4300	5040	6480	5920
D1		5700	4880	5510	6240
D2		3800	5700	5000	6400
D3		6100	6130	6600	8170
D4	2600	7800	5560	6540	5760
D5		4300	5370	6630	5950
D6		5000	3820	5600	6330
D7		9300	4370	5250	6330
K8		16000	4620	6340	5870
K9	<1000	5100	5500	6290	6160
K10		11000	4990	6510	6360

Dopo la posa della struttura le concentrazioni erano molto eterogenee; inoltre, in C4 era avvenuto un decremento e in D4 un aumento. L'eterogeneità aveva riguardato sia i transetti che i controlli e, dunque, era stata considerata indipendente dai lavori appena conclusi, anche perché i range dei transetti rientravano in quelli dei rispettivi riferimenti.

A partire dall'estate 2016 (2° post lavori) i tenori sono apparsi molto più omogenei tra i gruppi di stazioni. Solo nell'inverno 2017 sono state rilevate concentrazioni leggermente maggiori lungo il transetto C rispetto ai propri controlli.

Nulla da segnalare per quanto riguarda l'ultimo monitoraggio eccetto un lieve picco presso D3 che, comunque, è corrispondente a solo 1,3 volte la media dei riferimenti K8-K10 (6130±246 mg/kg) e pertanto non rappresenta un'anomalia degna di nota.

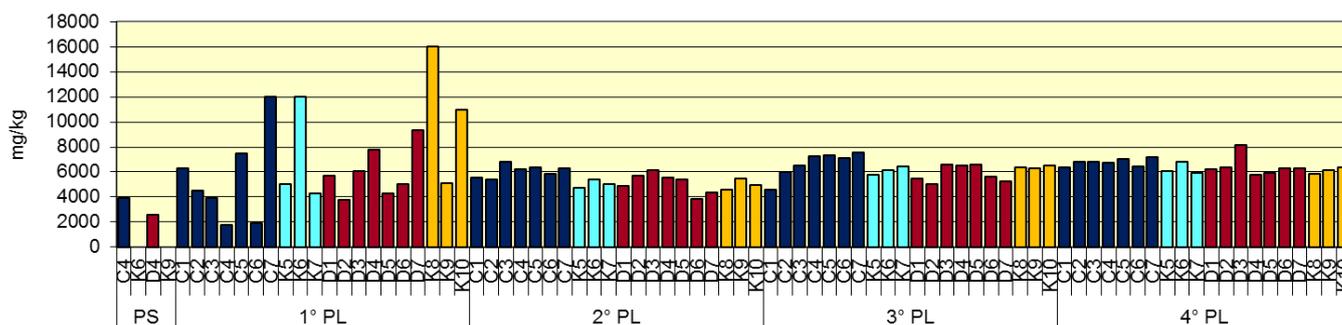


Fig. 3.7 - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati dal pre-survey all'estate 2017. C4 e D4 = stazioni corrispondenti al sea-line.

3.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.2.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC - Nell'estate 2017 il valore della EC₅₀ con K₂Cr₂O₇ =13,67 mg/l (come cromo) (LC=12,70 e UC=14,32 mg/l) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio; i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti sono risultati conformi perché in tutti i casi 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 nell'estate 2017, 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-VII).

Tab. 3-VII - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati nel 4° 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	EC ₂₀ %	EC ₅₀ %	Tossicità
C2	8,07	34	9,34	≥90	>100%	Assente
C4	8,04	34	-1,68	≥90	>100%	Assente
C6	8,08	34	-4,13	≥90	>100%	Assente
K6	8,13	34	35,22	≥90	>100%	Assente
D2	8,03	34	4,13	≥90	>100%	Assente
D4	8,09	34	3,83	≥90	>100%	Assente
D6	8,12	34	4,13	≥90	>100%	Assente
K9	8,03	34	3,22	≥90	>100%	Assente

Confronto con i survey precedenti - Nell'estate 2017 è stata confermata l'assenza di tossicità cronica per *D. tertiolecta* in tutte le stazioni già osservata nell'intero periodo di monitoraggio (Tab. 3-VIII).

Tab. 3-VIII - Risultati del test di tossicità eseguito con *D. tertiolecta* nei survey sinora condotti. In rosso è indicato il sito in corrispondenza del sea-line.

	Pre-survey	1° post lavori	2° post lavori	3° post lavori	4° post lavori
C2		Assente	Assente	Assente	Assente
C4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
C6		Assente	Assente	Assente	Assente
K6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
D2		Assente	Assente	Assente	Assente
D4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
D6		Assente	Assente	Assente	Assente
K9	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.2.2. VIBRIO FISCHERI (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Nell'estate 2017 il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 17C4076A (scadenza 03/19). Il valore della EC_{50} (15') = 7,72 mg/l (LC=5,72 e UC=10,40) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio (3,65-12,55 mg/l).

Risultati del test – Tutti gli elutriati estratti dai sedimenti sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 3-IX).

Tab. 3-IX - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 4° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti al sea-line.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC ₂₀ (15/30')	EC ₅₀ (15/30')	Tossicità
C2	8,07	34	6,93	5,70	≥90	≥90	Assente
C4	8,04	34	4,96	3,72	≥90	≥90	Assente
C6	8,08	34	9,02	8,43	≥90	≥90	Assente
K6	8,13	34	11,64	9,78	≥90	≥90	Assente
D2	8,03	34	14,42	12,88	≥90	≥90	Assente
D4	8,09	34	6,18	5,27	≥90	≥90	Assente
D6	8,12	34	6,12	5,05	≥90	≥90	Assente
K9	8,03	34	5,23	3,54	≥90	≥90	Assente

Confronto con i survey precedenti - I risultati ottenuti nell'estate 2017 confermano quanto osservato sin dal pre-survey Tab. 3-X).

Tab. 3-X - Risultati del test di tossicità eseguito con *V. fischeri* nei survey sinora condotti. In rosso è indicato il sito in corrispondenza del sea-line.

	Pre-survey	1° post lavori	2° post lavori	3° post lavori	4° post lavori
C2		Assente	Assente	Assente	Assente
C4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
C6		Assente	Assente	Assente	Assente
K6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
D2		Assente	Assente	Assente	Assente
D4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
D6		Assente	Assente	Assente	Assente
K9	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.2.3. COROPHIUM ORIENTALE

QA-QC - La sensibilità degli organismi test verso il tossico di riferimento ($CdCl_2$) LC_{50} = 2,61 (LC= 2,37mg/l e UC= 2,88 mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. In Tab 3-XI sono indicati i principali parametri chimico-fisici misurati all'inizio e alla fine del saggio effettuato nell'estate 2017.

Tab. 3-XI – Parametri chimici e fisici dell’acqua sovrastante il sedimento testato osservati all’inizio e alla fine del test relativo al 4° 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 ± 1	35	8,17	0,5	> 85	16 ± 1	35	8,15	0,5	> 85
C2		36	8,05	0			36	8,06	0	
C4		37	8,01	0			36	8,07	0	
C6		37	8,07	0			36	8,09	0	
K6		37	8,05	0			37	8,04	0	
D2		37	8,10	0			36	8,11	0	
D4		37	8,12	0,5			37	8,10	0,5-1	
D6		36	8,07	0			36	8,04	0	
K9		37	8,08	0			36	8,02	0	

Risultati del saggio - Le percentuali di mortalità degli organismi testati a seguito delle esposizioni ai sedimenti hanno evidenziato tossicità media in D6 e tossicità bassa in C2, C4, D2 e K9. Nei sedimenti restanti non è stata rilevata alcuna tossicità acuta (Tab. 3-XII).

Confronto con i survey precedenti – Nell’estate 2017 è stato osservato un lieve peggioramento rispetto al 2° e 3° survey post lavori; tuttavia nei siti in corrispondenza del sea-line la tossicità si mantiene assente o bassa (Tab. 3-XIII).

Tab. 3-XII - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al 4° 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 ± 8,21	16	Bassa
C4	100	19 ± 3,18	17	Bassa
C6	100	13 ± 6,09	11	Assente
K6	100	16 ± 5,19	14	Assente
D2	100	19 ± 6,09	17	Bassa
D4	100	10 ± 3,67	8	Assente
D6	100	40 ± 7,34	39	Media
K9	100	22 ± 3,67	20	Bassa

Tab. 3-XIII - Confronto tra le tossicità stimate con il saggio su *C. orientale* nell’intero periodo di indagine. In rosso i siti corrispondenti alla condotta.

	Pre-survey	1° post lavori	2° post lavori	3° post lavori	4° post lavori
C2	-	Bassa	Bassa	Assente	Bassa
C4	Assente	Bassa	Assente	Assente	Bassa
C6	-	Assente	Assente	Assente	Assente
K6	Assente	Media	Assente	Assente	Assente
D2	-	Bassa	Assente	Assente	Bassa
D4	Assente	Media	Assente	Assente	Assente
D6	-	Bassa	Assente	Assente	Media
K9	Assente	Bassa	Assente	Assente	Bassa

3.2.4. CRASSOSTREA GIGAS

QA-QC - Il test eseguito nell'estate 2017 con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC_{50} di 12,59 $\mu\text{g/l}$ di Cu ($LC=11,90$ e $UC=13,32$) che rientra nei limiti della carta di controllo intralaboratorio; la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo ($85\pm 0,58\%$) è risultata conforme in quanto superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Nell'estate 2017 è stata riscontrata una tossicità bassa solo negli elutriati C2 e D2 (Tab. 3-XIV). Altrove non è stata rilevata alcuna tossicità.

Tab. 3-XIV - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 4° survey post lavori. In rosso i siti corrispondenti alla condotta sottomarina.

campione	Concentrazione	% media di larve normali \pm dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC_{20} (%)	EC_{50} (%)	Tossicità
Controllo		82 \pm 1,53	18	0			
C2	100	54 \pm 1,53	46	33	60,1	>100	Bassa
	50	67 \pm 2,00	33	18			
	25	81 \pm 0,58	19	1			
C4	100	64 \pm 1,53	36	22	≥ 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,15	23	6			
	25	81 \pm 1,15	19	0			
C6	100	65 \pm 1,53	35	21	≥ 90	>100	Assente
	50	73 \pm 1,15	27	10			
	25	81 \pm 1,53	19	0			
K6	100	65 \pm 1,15	35	21	≥ 90	>100	Assente
	50	73 \pm 1,53	27	11			
	25	82 \pm 1,15	18	0			
D2	100	51 \pm 1,15	49	37	53,8	>100	Bassa
	50	64 \pm 1,53	36	21			
	25	80 \pm 1,53	20	2			
D4	100	64 \pm 2,00	36	22	≥ 90	>100	Assente
	50	78 \pm 1,15	22	5			
	25	80 \pm 0,58	20	2			
D6	100	64 \pm 1,53	36	21	≥ 90	>100	Assente
	50	68 \pm 1,00	32	17			
	25	81 \pm 1,73	19	1			
K9	100	65 \pm 1,53	35	20	≥ 90	>100	Assente
	50	76 \pm 2,00	24	7			
	25	82 \pm 0,58	18	0			

Confronto con i survey precedenti – La presenza di tossicità bassa e media osservata nella maggior parte delle stazioni nel 1° survey post lavori è andata diminuendo nei successivi survey, compreso il 4° (Tab. 3-XV). Nei siti C4 e D4 sembrano ripristinate le condizioni ottimali osservate nel pre-survey.

Tab. 3-XV - Confronto tra le tossicità stimate con il saggio su *C. gigas* nel corso dei monitoraggi sinora effettuati. In rosso il sito corrispondente al sea-line.

	Pre-survey	1° post lavori	2° post lavori	3° post lavori	4° post lavori
C2		Bassa	Assente	Assente	Bassa
C4	Assente	Media	Bassa	Bassa	Assente
C6		Bassa	Assente	Assente	Assente
K6	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente
D2		Bassa	Assente	Assente	Bassa
D4	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Assente
D6		Bassa	Assente	Assente	Assente
K9	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente

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 nell'estate 2017 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 4° 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	36	8,12	1	> 85	16 ± 1	36	8,11	2	> 85
C2		37	8,15	0			36	8,08	0	
C4		37	8,14	0			36	8,09	0,5	
C6		37	8,11	0			36	8,10	1	
K6		37	8,10	0,5			36	8,16	0	
D2		37	8,13	0			36	8,15	0	
D4		37	8,12	0			36	8,13	0	
D6		36	8,14	0			35	8,12	0	
K9		36	8,15	0			35	8,10	0	

Tab. 3-XVII - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 4° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti al sea-line.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	15	95 ± 8,25
C2	15	67 ± 8,25
C4	15	76 ± 8,25
C6	15	62 ± 8,25
K6	15	62 ± 8,25
D2	15	62 ± 8,25
D4	15	43 ± 8,25
D6	15	48 ± 8,25
K9	15	71 ± 8,25

La mortalità maggiore è stata rilevata nel sedimento di controllo.

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 un bioaccumulo di **cadmio** in C6 e di **arsenico** in questa stazione e ai due controlli. Il **bario** è stato accumulato solo in D4 e il **rame** nei due siti dei transetti posti a 60 m a NNE dalla condotta e nel riferimento K9. Lo **zinco** ha raggiunto concentrazioni significativamente superiori a quella del bianco in C4, C6 e in K9, mentre il **mercurio** è stato accumulato nelle due stazioni a 60 m di distanza lungo il transetto C e in tutto D incluso il controllo K9. Infine, il **magnesio** è stato bioaccumulato ovunque eccetto in C2 e D4.

Tutti gli altri metalli hanno presentato concentrazioni inferiori o comparabili al bianco o inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

Tab. 3-XVIII - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel survey condotto nel 4° 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	266,70	2,12	n.r.	0,05	n.r.	22,95	365,23	2,16	n.r.	0,46	83,76	n.r.	87,57	0,055
Controllo	n.r.	3,05	n.r.	0,04	n.r.	23,43	356,12	2,60	n.r.	0,52	81,45	n.r.	118,07	0,047
C2	n.r.	2,29	n.r.	0,04	n.r.	38,66	317,56	1,22	n.r.	0,22	57,76	n.r.	95,78	0,066
C4	n.r.	2,40	n.r.	0,05	n.r.	16,78	305,53	1,97	n.r.	0,23	66,78	n.r.	105,74	0,063
C6	n.r.	2,93	n.r.	0,07	n.r.	17,22	459,99	2,11	n.r.	0,28	90,73	n.r.	114,36	0,085
K6	n.r.	2,60	n.r.	0,04	n.r.	18,25	328,07	1,98	n.r.	0,24	84,49	n.r.	97,46	0,066
D2	n.r.	2,14	n.r.	0,04	n.r.	33,39	308,43	2,35	n.r.	0,22	80,62	n.r.	96,92	0,067
D4	n.r.	2,26	20,87	0,04	n.r.	27,15	277,15	1,73	n.r.	0,26	62,33	n.r.	103,16	0,071
D6	n.r.	2,22	n.r.	0,04	n.r.	20,56	308,87	1,88	n.r.	0,23	72,76	n.r.	95,57	0,075
K9	n.r.	3,80	n.r.	0,04	n.r.	38,60	371,39	1,72	n.r.	0,31	83,42	n.r.	115,54	0,070

	Ga	Mg	Mn	Sn	Ti	Zr
Bianco	n.r.	2743,70	22,43	n.r.	7,75	n.r.
Controllo	n.r.	5793,00	179,43	n.r.	96,29	n.r.
C2	n.r.	3200,68	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
C4	n.r.	3480,04	5,47	n.r.	n.r.	n.r.
C6	n.r.	4632,69	7,20	n.r.	n.r.	n.r.
K6	n.r.	3754,03	5,26	n.r.	n.r.	n.r.
D2	n.r.	3502,04	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
D4	n.r.	3254,73	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
D6	n.r.	3585,78	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
K9	n.r.	4244,29	6,77	n.r.	n.r.	n.r.

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.	0,94	n.c.	-0,01	n.c.	0,48	-9,11	0,44	n.c.	0,06	-2,31	n.c.	30,49	-0,008
C2	n.c.	0,18	n.c.	-0,01	n.c.	15,71	-47,67	-0,94	n.c.	-0,24	-26,00	n.c.	8,21	0,011
C4	n.c.	0,29	n.c.	0,00	n.c.	-6,17	-59,70	-0,19	n.c.	-0,23	-16,98	n.c.	18,16	0,008
C6	n.c.	0,81	n.c.	0,02	n.c.	-5,73	94,76	-0,05	n.c.	-0,18	6,97	n.c.	26,79	0,030
K6	n.c.	0,48	n.c.	-0,01	n.c.	-4,70	-37,16	-0,18	n.c.	-0,22	0,73	n.c.	9,89	0,011
D2	n.c.	0,02	n.c.	-0,01	n.c.	10,44	-56,80	0,19	n.c.	-0,24	-3,14	n.c.	9,35	0,013
D4	n.c.	0,14	20,87	-0,01	n.c.	4,20	-88,08	-0,43	n.c.	-0,20	-21,43	n.c.	15,58	0,016
D6	n.c.	0,10	n.c.	-0,01	n.c.	-2,39	-56,36	-0,28	n.c.	-0,23	-11,00	n.c.	7,99	0,020
K9	n.c.	1,69	n.c.	-0,01	n.c.	15,65	6,16	-0,44	n.c.	-0,15	-0,34	n.c.	27,96	0,016

	Ga	Mg	Mn	Sn	Ti	Zr
Controllo	n.c.	3049,30	157,00	n.c.	88,54	n.c.
C2	n.c.	456,98	n.r.	n.c.	n.r.	n.c.
C4	n.c.	736,34	-16,96	n.c.	n.r.	n.c.
C6	n.c.	1888,99	-15,24	n.c.	n.r.	n.c.
K6	n.c.	1010,33	-17,17	n.c.	n.r.	n.c.
D2	n.c.	758,34	n.r.	n.c.	n.r.	n.c.
D4	n.c.	511,03	n.r.	n.c.	n.r.	n.c.
D6	n.c.	842,08	n.r.	n.c.	n.r.	n.c.
K9	n.c.	1500,59	-15,66	n.c.	n.r.	n.c.

Confronto con i survey precedenti – I risultati ottenuti nell'estate 2017 confermano essenzialmente i precedenti (Tab. 3-XX). Sporadici segnali di bioaccumulo caratterizzano l'arsenico, il cadmio e il rame, mentre la maggior parte degli altri metalli sono sempre risultati non bioaccumulati o non rilevabili. Nell'ultimo monitoraggio è stato riscontrato un miglioramento per quanto concerne il nichel, mentre zinco e magnesio hanno mostrato un peggioramento, essendo stati bioaccumulati per la prima volta.

Tab. 3-XX - Confronto tra le differenze delle concentrazioni dei metalli pesanti con il bianco rilevate nel pre-survey (PS), e nei primi quattro monitoraggi post lavori (PL). In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti 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				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
controllo	n.c.	-242	n.c.	n.c.	n.c.	0,10	2,48	0,52	0,44	0,94	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,04	-0,02	-0,05	0,00	-0,01
C2		-223	n.c.	n.c.	n.c.		0,17	-0,93	0,32	0,18		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-0,01	-0,13	-0,03	-0,01
C4	n.c.	-222	n.c.	n.c.	n.c.	0,04	0,30	-1,30	0,33	0,29	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-0,01	0,01	-0,07	-0,03	0,00
C6		-239	n.c.	n.c.	n.c.		0,05	-0,01	0,28	0,81		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-0,01	-0,02	-0,03	0,02
K6	n.c.	-225	n.c.	n.c.	n.c.	0,15	0,04	-0,17	0,41	0,48	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,01	-0,02	-0,01	-0,03	-0,01
D2		-218	n.c.	n.c.	n.c.		0,18	-0,24	-0,03	0,02		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		0,02	-0,01	-0,03	-0,01
D4	n.c.	-214	n.c.	n.c.	n.c.	0,33	0,51	-0,24	0,16	0,14	n.c.	n.c.	n.c.	1,63	20,87	-0,06	0,04	0,01	-0,01	-0,01
D6		-239	n.c.	n.c.	n.c.		-0,03	0,06	0,30	0,10		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		0,00	0,02	-0,03	-0,01
K9	n.c.	-230	n.c.	n.c.	n.c.	-0,06	-0,42	-0,11	0,21	1,69	-1,32	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-0,03	0,00	0,03	-0,02	-0,01

campione	Cr					Cu					Fe					Ni				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
controllo	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-5,98	-7,39	-3,12	-0,40	0,48	-407,39	-244,90	-39,37	-50,56	-9,11	-1,21	-0,10	-0,43	-1,41	0,44
C2		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-8,70	-7,66	16,28	15,71		-313,17	-79,45	-90,55	-47,67		-0,07	0,20	0,58	-0,94
C4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-8,79	-8,64	-10,02	-8,32	-6,17	-478,97	-251,30	-74,76	-125,59	-59,7	-0,26	-0,30	0,36	0,50	-0,19
C6		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-10,44	-9,57	-7,40	-5,73		-272,04	-6,65	-118,68	94,76		-0,42	-0,09	0,72	-0,05
K6	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-4,86	-10,89	-9,46	-2,78	-4,70	-368,83	-259,67	46,69	-125,20	-37,16	-0,40	-0,29	1,82	0,87	-0,18
D2		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-9,76	-7,43	-6,92	10,44		-277,25	-30,25	-107,79	-56,8		-0,49	0,51	1,02	0,19
D4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-7,56	-8,35	-5,09	-7,93	4,20	-473,09	-240,09	8,22	-124,80	-88,08	0,37	-0,49	0,53	0,55	-0,43
D6		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-10,67	-8,92	-6,28	-2,39		-206,42	-20,55	-102,89	-56,36		-0,42	0,65	0,47	-0,28
K9	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-2,73	-8,37	-7,06	-8,60	15,65	-209,41	-268,98	-33,53	-124,10	6,16	0,22	-0,64	0,93	0,50	-0,44

campione	In					Pb					Si					V				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
controllo	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,01	n.c.	0,03	0,06	-436,22	-21,39	-32,13	-131,53	-2,31	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C2		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		0,01	0,33	-0,03	-0,24		-162,29	62,44	-105,3	-26,00		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-0,19	0,02	n.c.	-0,05	-0,23	-376,41	-158,57	26,54	-106,09	-16,98	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C6		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		0,01	-0,02	-0,02	-0,18		-198,71	118,07	-82,04	6,97		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
K6	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-0,16	-0,10	n.c.	0,02	-0,22	-400,85	-171,63	192,27	-81,54	0,73	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
D2		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-0,03	0,00	-0,02	-0,24		-196,56	65,83	-64,47	-3,14		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
D4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,05	-0,05	0,00	-0,2	-447,6	-116,95	91,48	-109,87	-21,43	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
D6		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-0,09	-0,05	-0,09	-0,23		-168,67	90,24	-93,09	-11,00		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
K9	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	-0,15	-290,09	-82,87	19,44	-101,26	-0,34	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

campione	Zn					Hg					Ga					Mg				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
controllo	10,97	38,25	17,13	10,00	30,49	0,088	0,108	0,051	0,075	-0,008	3,34	n.c.	n.c.	n.c.		29,23	-1931,53	84,82	3049,30	
C2		-2,67	-23,79	-19,12	8,21		0,022	0,000	0,020	0,011	1,50	n.c.	n.c.	n.c.		-591,84	-1119,74	328,74	456,98	
C4	-6,50	2,03	-35,60	-22,50	18,16	0,015	0,023	0,009	0,023	0,008	2,24	n.c.	n.c.	n.c.		261,09	-1407,44	430,72	736,34	
C6		-7,50	-15,32	-38,10	26,79		0,022	0,017	0,014	0,030	2,10	n.c.	n.c.	n.c.		72,17	-886,05	174,86	1888,99	
K6	-23,06	1,67	-1,17	-34,05	9,89	0,034	0,037	0,035	0,008	0,011	2,00	n.c.	n.c.	n.c.		199,59	-907,61	-232,88	1010,33	
D2		-17,83	5,80	-18,28	9,35		0,006	0,012	0,025	0,013	1,92	n.c.	n.c.	n.c.		-145,52	-813,55	-31,15	758,34	
D4	-35,50	-12,33	-10,60	-14,53	15,58	0,036	0,020	0,035	0,006	0,016	1,73	n.c.	n.c.	n.c.		359,91	-878,55	136,50	511,03	
D6		6,19	8,87	-17,15	7,99		0,030	0,018	0,009	0,020		n.c.	n.c.	n.c.		459,43	-374,31	82,30	842,08	
K9	7,58	-5,89	1,90	-23,73	27,96	0,033	0,007	0,030	0,020	0,016	2,10	n.c.	n.c.	n.c.		-418,24	-457,41	-11,42	1500,59	

campione	Mn					Sn					Ti					Zr				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
controllo		16,79	23,98	16,46	157,00		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		4,88	2,16	n.c.	88,54		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C2		-6,05	0,72	-18,00	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-1,04	2,25	n.c.	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C4		-3,05	-2,09	-18,31	-16,96		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-1,26	n.c.	n.c.	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C6		-5,20	-0,24	-19,48	-15,24		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-1,19	2,55	n.c.	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
K6		-4,51	3,29	-18,58	-17,17		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-1,57	3,49	-2,63	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
D2		-5,52	-0,03	-18,17	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-0,79	2,06	n.c.	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
D4		-3,92	0,29	-18,45	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-0,13	2,50	n.c.	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
D6		-2,62	0,75	-9,90	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-1,73	3,11	n.c.	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
K9		-5,20	11,21	-18,89	-15,66		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		-1,54	1,56	n.c.	n.c.		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

3.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.3.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

La comunità bentonica rinvenuta nel 4° survey post lavori di installazione effettuato nell'estate 2017 è risultata abbastanza povera in termini di numero di individui come nei monitoraggi precedenti (fig. 3.8).

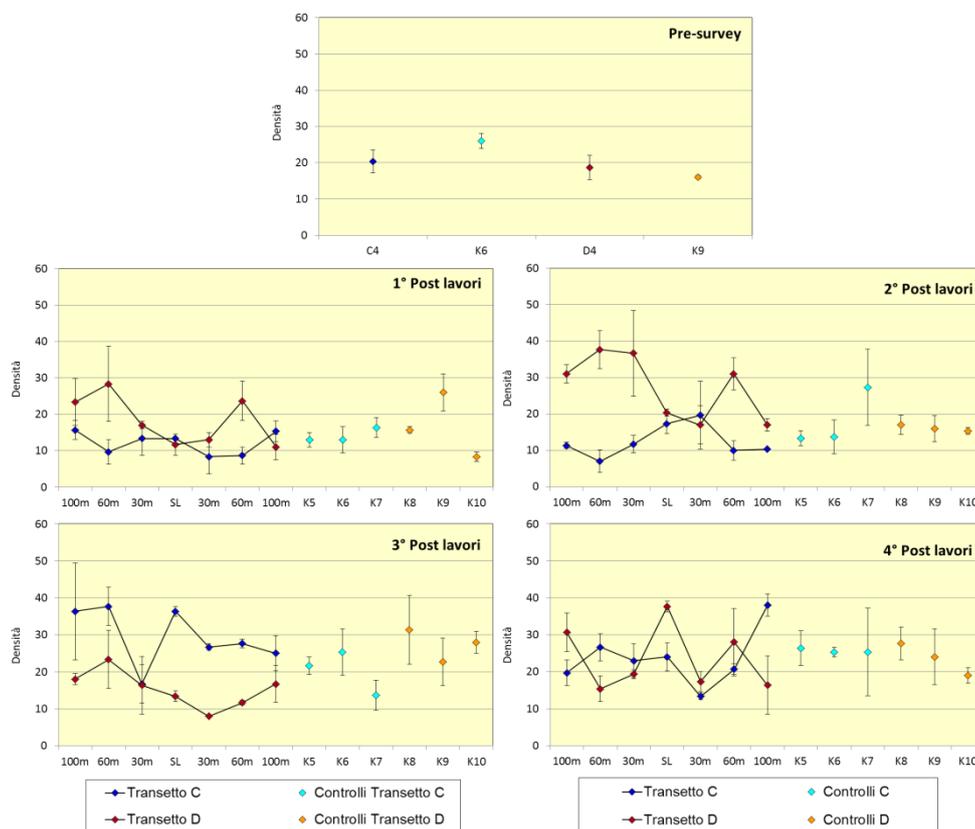


Fig. 3.8 – Densità ($\pm e.s.$) registrate nell'intero periodo di indagine.

Il trend relativo al transetto C ha presentato un lieve aumento in C2, un decremento in C5 e un nuovo, marcato incremento sino a C7, dove è stato raggiunto il massimo pari a $38,00 \pm 3,06 \text{ ind}/0,095 \text{ m}^2$. Per l'elevata variabilità molti valori sono risultati confrontabili e tutti sono rientrati nel range dei controlli K5-K7 ($25,33 \pm 11,84 \leq N \leq 26,33 \pm 4,70 \text{ ind}/0,095 \text{ m}^2$).

Il transetto D ha presentato un andamento opposto a quello di C sino alla stazione D3 e in corrispondenza di D7. N è oscillata tra $15,33 \pm 3,48$ (D2) e $37,67 \pm 1,45 \text{ ind}/0,095 \text{ m}^2$ (D4) e i siti sono apparsi all'interno dal range dei controlli K8-K10 ($19,00 \pm 2,084 \leq N \leq 27,67 \pm 4,48 \text{ ind}/0,095 \text{ m}^2$) eccetto D4.

Rispetto al survey precedente le variazioni non sono state univoche, ma in generale si è registrato un decremento di N lungo C eccetto in C3 rimasto pressoché invariato, e C7

dove invece si è registrato un aumento. Una situazione diversa si è presentata lungo D dove si è riscontrato un generale incremento delle densità che non ha interessato D2, D3 e D7 rimasti simili all'inverno.

Come nei campionamenti precedenti i policheti Paraonide nd sono risultati il taxon più numeroso nella maggior parte delle stazioni, superati in alcuni casi dal gasteropode *Hyala vitrea* (Tabb. 3-XXI - 3-XXVI).

In termini di biomassa (Tabb. 3-XXVII - 3-XXXII; fig. 3.9) 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 caratterizzati da variabilità molto elevata e determinati dal rinvenimento di specie di grandi dimensioni come il riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea*; il massimo assoluto è stato registrato nell'ultimo survey nella stazione C3 ($41,89 \pm 40,77$ 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; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Bioc. del Detritico Infangato; Mixt = misticolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; Minut = Minuticolo; MO = indicatore della presenza di materia organica; Sd = substrato roccioso; HP = Bioc. delle praterie di *Posidonia*.

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 hystricis</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-XXIII – Lista e densità (n. ind. 0,095 m⁻²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 2° 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. Per gli acronimi si rimanda alla Tab. 3-XXI.

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>Triticella filava</i>													0,33				0,33	0,33					
Cnidari																								
	Anthozoa nd																			0,33				
	<i>Funiculina quadrangularis</i>	Lim						0,33																
Crostei																								
	Antipodi																							
	<i>Ampelisca diadema</i>	DE	0,33																					
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC				0,33					0,33			0,33										
	<i>Othoaria schmidtii</i>	VB		0,33							0,33													
	Copepodi																			0,33				
	Cumacei																							
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt				0,33								0,33	0,67									
	<i>Alpheus glaber</i>	VTC					0,33									0,33								
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	0,33	0,33	0,67	1,33	0,67	0,33	0,33	1,00	1,33	3,67	2,67	4,00	3,33	3,00	3,33	3,00	1,33	4,67	2,00	3,67	3,67	3,33
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC		0,33											0,33	0,33								
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC	0,33											0,33	0,33	0,33								
	<i>Processa</i> sp						0,67			0,33	0,33			0,33	0,33									
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL																						
	Isopodi																				0,33			
	<i>Bopyridae</i> nd																							
	<i>Gnathia</i> sp					0,33																		
	<i>Apseudes spinosus</i>	HP		0,33	0,33	1,00																		
Echinodermi																								
	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB					0,33				0,33									0,67		0,33		
	Holothuroidea nd				0,33					0,33												0,33		
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC				0,33	0,33	0,33								0,33						0,33		
Molluschi																								
	Bivalvi																							
	<i>Azorinus charmasolen</i>	Mixt	0,33				0,67	0,33														0,33		
	<i>Kurtella bidentata</i>	VTC																				0,33		
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim							0,33					0,33		0,33	0,67							
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim													0,33							0,33		
	Caudofoveati															0,33								
	<i>Falcidens guttuosus</i>	Lim														0,33								
	Gasteropodi																							
	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC	0,67	1,00	4,33	0,33	6,00	2,00	2,67	1,33	1,00	1,00	1,00	2,33	3,67	2,00	2,33	2,67	1,00	1,00	2,67	2,33		
	<i>Turritella communis</i>	VTC	0,33			0,33										0,33	0,33	0,33						
Nemertini																								
	<i>Nemertea</i> nd		0,67		0,33	1,00		0,33		0,33	1,00		1,00	1,67	0,33					2,00		0,33		
Platelminti																								
	<i>Platelminta</i> nd																					0,33		
Policheti																								
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC																				0,67		
	Ampharetidae nd																							
	<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	VB				0,33			0,33		0,33			0,33								0,33		
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	0,33	0,67		1,33	1,00	0,33	1,00		0,33		1,00	2,33	2,33	1,33	1,33	1,67		0,67	1,00	0,67	0,67	
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,33	0,33	0,67					0,33				0,67	0,67	1,00	0,33					0,67		
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim								0,33	0,33			0,67								0,67		
	Cirratulidae nd									0,33	0,33											0,33		
	<i>Dironereis filum</i>	Lim						0,33														0,33		
	<i>Glycera rouxii</i>	MO		0,33	0,33				0,33	0,33	0,33		0,33	0,33	0,33	0,67	0,33	1,00		0,33		0,33		
	<i>Glycera</i> sp		0,33			0,33		0,33						0,33	1,33	0,33						0,33		
	<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC								0,33	0,33		0,33	0,33	0,33	0,67	0,33	1,00				0,33		
	<i>Harmothoe</i> sp																					0,33		
	<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd														0,33						0,33		
	<i>Labidoneira yhleni</i>	VTC				0,33				0,33												0,33		
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,67													0,67						0,33		
	Maldanidae nd																					0,33		
	<i>Marphysa belli</i>	Lim		0,33	0,33	1,33	1,00	0,33	1,33	1,00	1,33	0,67	0,67	2,00	1,00	0,67	0,33	2,00	1,00	1,00	0,67	0,67		
	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	Sab														0,33						0,33		
	<i>Minuspia cirrifera</i>	MO				0,33								0,33	1,33							0,33		
	<i>Nephtys hystrix</i>	VTC				0,33				0,33	0,33			1,00	0,33	0,33				0,33	0,33	0,67		
	Nereididae nd																					0,33		
	<i>Ninoe</i> sp		0,67	0,33		0,33		0,33		0,67			0,33	0,67		0,33		1,00				0,33		
	<i>Notomastus aberans</i>	MO									0,33											0,33		
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	0,33			0,33			0,67	0,33	0,67	2,00	3,00	1,33	1,33	0,33	0,67	0,33	0,67	0,33	0,67	0,33		
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab			0,33		0,33			0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	0,33							0,33		
	Orbiniidae nd																					0,33		
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim			0,33	0,33				0,33	0,33		0,33	0,33	0,67		0,33	0,33	0,33			0,33		
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,67			0,33	1,00	1,33	0,33	1,00		0,67	0,67	1,33		0,33	0,67	0,67			0,33	0,33		
	Paraonidae nd		3,33	1,33	2,33	7,00	3,67	2,33	2,00	2,67	3,33	5,67	6,67	9,33	8,00	3,67	5,00	6,67	6,00	5,00	3,33	4,67		
	<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC														0,33								
	Phyllococidae nd																							
	<i>Phylo norvegica</i>	Lim	0,67	0,33		0,33					0,33	0,67	0,33		0,33		0,67			0,33	0,67			
	Pilargidae nd		0,33		0,33			0,33		0,67	0,67		0,67	1,67	0,67	1,00	0,33					0,33		
	<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab														0,33						0,33		
	<i>Poecilochetus serpens</i> </																							

Tab. 3-XXV – Lista e densità (n. ind/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il 4° survey post lavori di installazione. 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. Per gli acronimi si rimanda alla Tab. 3-XXI.

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>Amathia semiconvoluta</i>	Sd																		0,33		
<i>Cellaria salicornioides</i>	Mixt			0,33						0,33				0,33					0,33	0,33	
<i>Triticella flava</i>	Simbiosi	0,33								0,33			0,33	0,33							
Cnidari																					
<i>Anthozoa</i> nd			0,67			0,33		0,33		0,33		0,33	0,33		1,00	0,33			0,33	0,33	0,67
<i>Edwardsia clapedii</i>	SFBC	0,33		1,00		0,33	0,33					0,67		0,67	0,67		0,67				
<i>Funiculina quadrangularis</i>	Lim			0,33						0,33										0,33	0,33
<i>Hydroidea</i> nd																				0,33	0,33
Crostacei																					
<i>Harpinia dellavellei</i>	VTC							0,33					0,33								
<i>Leucothoe incisa</i>	SFBC		0,33						0,33				0,33								
<i>Leucothoe liljeborgi</i>	MO										0,33				0,67					0,33	0,33
<i>Leucothoe oboa</i>	Lim		0,33																		
<i>Lysianassa</i> sp															0,33						
<i>Othomaera schmidtii</i>	VB									0,33	0,33				0,33				0,33		
<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt								0,33									0,33		0,33	
<i>Cumacea</i> nd															0,33						
<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	1,33	4,33	3,00	1,00		1,00	5,33	3,33	2,67	4,00	2,33	2,67	1,67	4,33	1,33	3,67	0,33	1,67	2,67	1,00
<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,33							0,33	0,33			0,33	0,33							
<i>Jaxea nocturna</i>	VTC							0,33							0,33					0,33	
<i>Processa</i> sp																				0,33	
<i>Anthura gracilis</i>	Lim					0,33				0,33											
<i>Astacilla</i> sp							0,33														
<i>Gnathia</i> sp								0,33							0,33						
<i>Ostracoda</i> nd												0,33			0,33						
<i>Apeudes latreillii</i>	Minut								0,33	0,33										0,33	0,33
<i>Apeudes</i> sp				0,33				0,33			0,33										
<i>Apeudes spinosus</i>	HP							0,33													
<i>Leptognathia</i> sp																					
Echinodermi																					
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB	0,67		0,33	0,67				0,67	0,33	0,67	0,33	0,67		0,33				0,33	0,33	
<i>Labidoplax digitata</i>	VTC	0,33		0,33	0,33	0,33						0,33	0,33	0,67	0,33			0,67			
Molluschi																					
<i>Abra prismatica</i>	DC			0,67						0,33											
<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt										0,33										
<i>Kelliella abyssicola</i>	Sm															0,33					
<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC				0,33										0,33	0,33					
<i>Montacuta phascollionis</i>	Lre																			0,33	
<i>Nucula nitidosa</i>	Lim				0,33																
<i>Nucula sulcata</i>	Lim									0,33		0,33	0,33				0,33		0,33		0,67
<i>Phaxas adriaticus</i>	Sab														0,33						
<i>Poromya granulata</i>	Mixt						0,33								0,33						
<i>Thyasira biplicata</i>	Lim			0,33													0,33				
<i>Timoclea ovata</i>	Lre								0,33												
<i>Falcidens guttuerosus</i>	Lim				0,33																
<i>Cylichna cylindracea</i>	SFBC	0,33																			
<i>Hyala vitrea</i>	VTC	3,33	6,67	5,00	7,67	5,33	1,00	8,00	2,67	3,33	2,67	7,33	3,00	2,00	5,67	4,67	3,33	4,00	1,67	3,33	1,67
<i>Ostornia</i> sp																					
<i>Turritella communis</i>	VTC		0,33		0,33	0,33		0,33		0,33			0,33	0,33				0,33			0,33
Nemertini																					
<i>Nemertea</i> nd			0,67	0,33	0,33		0,33	0,33	0,33	0,33		1,00		0,67	1,67	0,33	1,67		1,00	1,33	0,67
Policheti																					
<i>Ampharetidae</i> nd								0,33			0,33										0,67
<i>Amphiteis gunneri</i>	Lim							0,33													
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB	0,67	0,67	0,33		1,00				0,33						1,33			0,33	0,33	0,67
<i>Aphelocheata filiformis</i>	MO	1,67	2,00	0,67	1,33	0,33	0,33	3,33	1,33	1,33	1,67	2,33	0,67	1,67	2,67	1,67	2,00	1,33	2,33	2,33	1,33
<i>Aphelocheata marioni</i>	MO														0,67	0,33			1,00	0,33	0,33
<i>Capitellidae</i> nd																					
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim									0,67								0,33			0,33
<i>Cirratulidae</i> nd						0,33	0,33	0,67	0,33	0,67	0,33		0,67						0,33		
<i>Eupanthalis kinbergi</i>	DE										0,67										
<i>Glycera alba</i>	Lim			0,33				1,33									0,33				
<i>Glycera rouxii</i>	MO				0,33		0,33	0,33	0,33	0,33		0,33		0,33	0,67	0,67			0,67	0,33	0,33
<i>Glycera</i> sp						0,33	0,33	0,33	0,33	0,33											
<i>Glycera tessellata</i>	Sd						0,33														
<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC											0,33									
<i>Goniada maculata</i>	VTC	0,33																			
<i>Harmothoe</i> sp				0,67					0,33			0,33			1,00			0,33		0,33	
<i>Hydroides elegans</i>	Sd			0,33																	
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd																0,33				
<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC							0,33				0,33									
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab		0,33				0,33												0,33		
<i>Maldanidae</i> nd															0,33		0,33		0,33		
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	0,67		1,33	0,33	0,67	1,00	0,67	0,33		0,33	2,00	0,67	0,67	1,33	1,33		1,00	0,67	1,00	0,67
<i>Melinna palmata</i>	Minut																				
<i>Minuspia cirriferi</i>	MO																				
<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC										0,33										
<i>Nephtys hystricis</i>	VTC									0,67	0,33										0,33

Tab. 3-XXV – Continuo.

Stazione	Biocenosi	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
Policheti																					
<i>Nephtys</i> sp		0,33							0,33			0,33									
Nereididae nd																					
<i>Ninoe</i> sp			1,00					0,67		0,67	0,33	0,67	1,00	0,67	0,67	0,33	1,33		0,33	0,33	0,33
<i>Notomastus aberans</i>	MO									1,33	0,33										0,33
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	0,33	0,33			0,67	2,00	0,67		1,67	0,33				1,00		0,33		0,33	0,33	0,33
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab			0,67			0,33	0,67	0,33		0,67		0,33		0,33						0,33
<i>Paradiopatra calligae</i>	Lim		0,33						0,33	0,33				0,33	1,00			0,67	0,33		0,33
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO		0,33	0,33			0,33		0,67	0,33	0,33	0,33	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67	0,67	0,33
Paraonidae nd		6,67	5,33	3,33	8,67	2,33	8,67	8,67	7,67	5,33	7,33	7,33	2,00	5,00	6,33	3,00	8,67	5,00	9,00	5,67	4,33
<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC						0,33														
<i>Phylo norvegica</i>	Lim	0,33							0,33		0,33								0,33	0,33	
Pilargidae nd		0,33	0,67	1,67	0,33		0,33	1,67	1,00			1,00	0,33	0,67	1,67	0,67	1,00		1,00	1,67	1,67
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab	0,67				0,33						0,33	0,33	0,33			0,33				0,33
<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC							0,33													
<i>Polyodontes maxillosus</i>	DE																	0,33			
<i>Praxillella gracilis</i>	Lim				0,33		0,33						0,33	0,33	0,33						
Prionospio sp																					
Sabellidae nd				0,67				0,33													
<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim																				0,33
<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt								1,00												
<i>Scoletoma</i> sp			0,67							0,33		0,67			0,33				0,33	0,33	
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre		0,33	0,33	0,33				0,33	0,33	0,33			0,33							
<i>Serpula vermicularis</i>	AP																		0,33		
Spionidae nd				0,33	0,33	0,33		0,33		0,33	1,00	0,33	0,33		0,67		0,33	0,33		0,67	0,33
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC										0,33										
<i>Sternaspis scutata</i>	VTC	0,33													0,33					0,33	0,33
<i>Sthenelais boa</i>	Lim	0,33																			
<i>Syllis parapari</i>	SFBC															0,33			0,67		
Terebellidae nd								0,33			0,33						0,33	0,33			
<i>Terebellides stroemi</i>	MO														0,33						
Sipunculidi																					
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO															0,33					
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB		0,67				1,00	1,33	1,67	1,00	0,33	0,67		0,33	0,33	1,00	0,33	0,67	0,67		0,67
<i>Phascolion strombus</i>	Lre																				
<i>Sipuncula</i> nd				0,33	0,67		0,67		0,33			0,33					0,33	0,33			
Biomassa totale		19,67	26,67	23,00	24,00	13,33	20,67	38,00	26,33	25,33	25,33	30,67	15,33	19,33	37,67	17,33	28,00	16,33	27,67	24,00	19,00
Ricchezza specifica totale		20	21	24	18	15	23	27	28	29	29	25	20	23	33	17	22	17	31	24	25

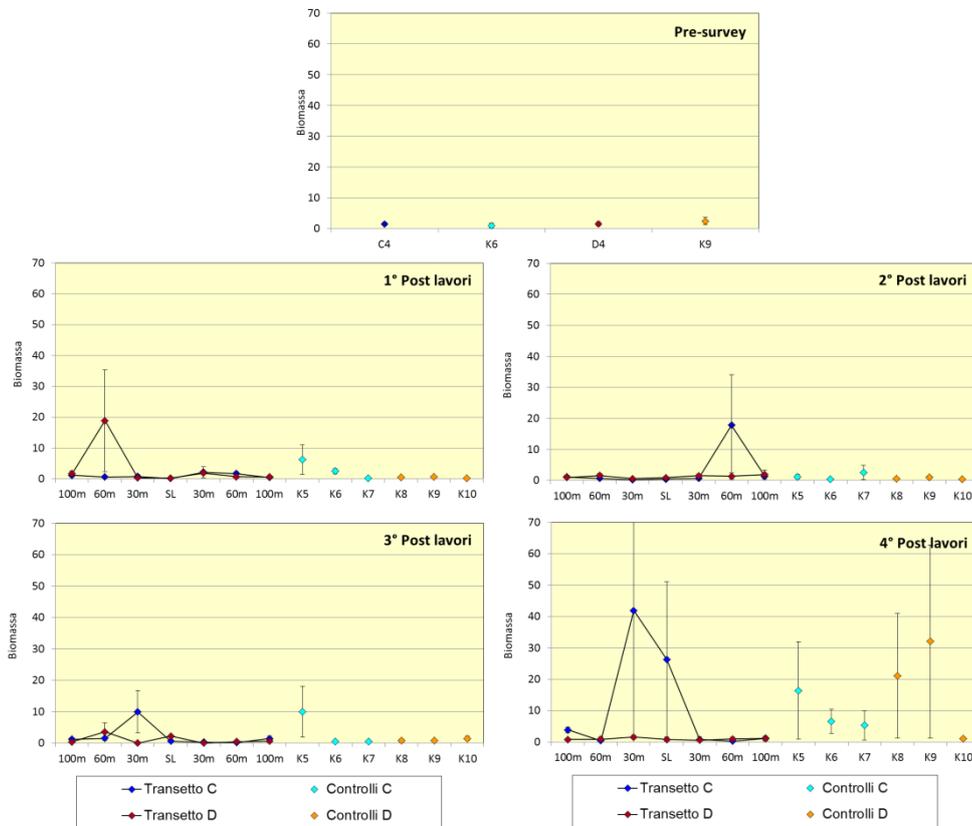


Fig. 3.9 – Biomassa (±e.s.) registrata nell'intero periodo di indagine.

Tab. 3-XXVI – 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				
Nemertea nd	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
		0,003	0,003	0,005
	0,008		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-XXVII – 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
Briozoi																				
<i>Triticella flava</i>		0,003				*							*		*					
Cnidari									0,013											
<i>Actiniaria nd</i>																				
Crostacei																				
<i>Anfipodi Ampelisca adadema</i>												*	*							
<i>Harpinia dellavallei</i>													*							
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>								*	*				*							
<i>Microdeutopus sp</i>													*							
<i>Paraphoxus ocellatus</i>						*							*							
<i>Cumace Eudorella truncatula</i>												*								
<i>Decapod 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>Goneplax rhomboides</i>		0,289	*		0,716								0,004		0,167					
<i>Misidiac Misidiacea nd</i>																				
<i>Tanaida Apeudes spinosus</i>	*	0,001					*			0,001										
<i>Leptognathia sp</i>							*													
Echinodermi																				
<i>Echinoc Brissopsis atlantica mediterranea</i>					1,896	0,565		5,253			0,972	17,088								
<i>Oloturoi Holothurioidea 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																				
<i>Bivalvi Abra prismatica</i>	0,001																			
<i>Azorinus chamasolen</i>								0,300	1,703											
<i>Nucula nitidosa</i>																0,003				
<i>Nucula sulcata</i>																				
<i>Thyasira biplicata</i>																				
<i>Gastero 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		0,298			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>	*	*		*	*	*	*	*	*				*							
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*											
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	0,001	*	0,001	*	*
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*																			
<i>Aphroditidae nd</i>										0,089										
<i>Capitellidae nd</i>													*							
<i>Chaetozone caputesocis</i>			*	0,006	*										0,002	*				
<i>Cirratulidae nd</i>					*														0,001	
<i>Dilonereis filum</i>	0,002			*																
<i>Glycera alba</i>																				
<i>Glycera rouxii</i>								0,092	0,082		0,015	0,463	0,006		0,086	0,006				
<i>Glycera sp</i>	0,025							0,001	0,032	0,001	0,001	*	0,004		0,003				0,003	
<i>Glycera tessellata</i>		0,004																		
<i>Glycera tridactyla</i>														0,044						
<i>Harmothoe sp</i>		0,001									*									
<i>Labidoleannira yhleni</i>							0,047									0,109	*	*		
<i>Lumbrineris gracilis</i>					*												*	*		
<i>Maldanidae nd</i>			0,001								0,002									
<i>Marphysa bellii</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>										0,001										
<i>Minuspia cirrifera</i>																				
<i>Nephtys hystrix</i>	0,001												0,989					0,006		
<i>Ninoc sp</i>	0,008	*	0,002	0,003	0,001	0,001							0,002			*	0,001	0,001	0,003	
<i>Notomastus aberans</i>								0,018												
<i>Ophelina cylindricaudata</i>				*							*		0,001	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ophiodromus flexuosus</i>		*		*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paradiopatra calliopae</i>	*		0,001	*	*	*	*		0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,001		*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*	0,001	*	0,001	*	*	*	*
<i>Paraonidae nd</i>	0,001	*	0,001	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	0,001	*	0,001	*	*	*	0,002
<i>Paraprionospio pinnata</i>																				
<i>Phylo norvegica</i>							0,001	*					0,024	0,016		0,012	*	*	*	*
<i>Pilargidae nd</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>				*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*
<i>Poecilochetus serpens</i>														*	*	*	*	*	*	*
<i>Polydortes maxillosus</i>																				0,041
<i>Prionospio sp</i>			0,001						*		*									
<i>Scoletoma impatiens</i>											0,002			*	0,002		0,004	0,002		
<i>Scoletoma sp</i>										*				*						
<i>Scoloplos armiger</i>			*						*					*						
<i>Spionidae nd</i>											0,001		*		*					
<i>Spiophanes bombyx</i>							*													
<i>Stemaspis scutata</i>																				
<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	*	*				*		0,001					
<i>Sipuncula nd</i>				*				*	*				*							*
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-XXVIII – 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 filava</i>																	*				
Cnidari																					
Antozoi																					
<i>Anthozoa nd</i>																					
<i>Funiculina quadrangularis</i>							0,114											0,206			
Crostacei																					
Amfipodi																					
<i>Ampelisca diadema</i>	*				*								*								
<i>Harpinia dellavallei</i>										0,003											
<i>Othomera schmidtii</i>			*																		
Copepodi																					
<i>Copepoda nd</i>							*													*	
Cumacei																					
<i>Cumacea nd</i>				*						*											
<i>Eudorella truncatula</i>												*	*								
Decapodi																					
<i>Alpheus glaber</i>						0,010										0,086					
<i>Callinassa subterranea</i>	*	0,001	0,005	0,011	0,016	0,002	0,002	0,003	0,021	0,048	0,012	0,014	0,033	0,025	0,017	0,036	0,030	0,074	0,039	0,032	
<i>Goneplax rhomboides</i>		0,053				0,068	0,068						0,075	0,027		0,051	0,138				
<i>Jaxea nocturna</i>	0,003										0,022	0,113	0,002	0,034							
<i>Processa sp</i>					0,002		0,001	*		0,003										*	
<i>Upogebia deltaura</i>																					
Isopodi																					
<i>Bopyridae nd</i>					*														*		
<i>Gnathia sp</i>																					
Tanaidacei				*	*	0,001															
<i>Apsuedes spinosus</i>																					
Echinodermi																					
Echinoidei																					
<i>Brissoopsis atlantica mediterranea</i>						16,761				2,268											
Oloturoidei																					
<i>Holothurionidea nd</i>				0,202					0,086		0,125	0,299				0,518		0,400		0,372	
<i>Labidoplax digitata</i>					0,033	0,002	0,061				0,019									0,118	
Molluschi																					
Bivalvi																					
<i>Azorinus chamasolen</i>	0,602					0,975	0,832														
<i>Kurtiella bidentata</i>								0,076													
<i>Nucula sulcata</i>												0,073		0,202	0,160						
<i>Thyasira biplicata</i>													0,025							0,040	
Caudofoveati																					
<i>Falcidens gutturosus</i>											*	0,002	0,005	0,003	0,002	0,003	0,255	*	0,001	0,003	
Gasteropodi																					
<i>Hyala vitrea</i>	0,001	0,001	0,005	*	0,007	0,002	0,003	0,002	0,001	0,001	*	0,002	0,582	0,005	0,003	0,647	0,003	*	0,001	0,003	
<i>Turritella communis</i>	0,450				0,477						0,583				0,443						
Nemertini																					
<i>Nemertea nd</i>	*		0,001	0,009		0,005	*	0,070			0,001	0,005	0,100				0,083		*		
Platelminti																					
<i>Platelminta nd</i>											0,001										
Policheti																					
<i>Ampharete acutifrons</i>										*											
<i>Ampharetidae nd</i>										*											
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	*	*		0,002	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*	*	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
<i>Chaetozona caputesocis</i>							0,001	0,002		0,006		0,005	*		0,002	*	*	*	*		
<i>Cirratulidae nd</i>																					
<i>Dilonereis filum</i>						0,002															
<i>Glyceria rouxi</i>									0,895	0,010	0,006		0,175	*		0,003	*	*	*	0,003	
<i>Glyceria sp</i>	*	0,064	0,084	*		*			0,002	0,001	0,001	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	
<i>Glyceria tridactyla</i>										0,001	0,065	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Hamothoe sp</i>																				*	
<i>Hydroides norvegicus</i>																				*	
<i>Labioleanira yhleni</i>				*				0,005												*	
<i>Lumbrineris gracilis</i>	*																			*	
<i>Maldanidae nd</i>																				*	
<i>Marphysa bellii</i>		0,141	0,002	0,138	0,056	0,003	0,180	0,141	0,106	0,105	0,135	0,221	0,236	0,026	0,011	0,173	0,042	0,126	0,260	0,021	
<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>				*								*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Minuspio cimifera</i>				*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Nephtys hystrix</i>				*	0,007			0,001	*		0,005	0,003	*		0,094		0,002	0,002	0,001	0,088	
<i>Nereididae nd</i>																				*	
<i>Ninoe sp</i>	0,004	0,002		0,003		0,002		0,002		0,002	0,001	0,005		0,001		0,001			*	*	
<i>Notomastus aberans</i>	*			*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ophelina cylindricaudata</i>				*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ophiotromus flexuosus</i>				*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Orbinidae nd</i>				*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Paradiapatra calliopae</i>				0,001	*			*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*			*	0,001	*		*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Paranidae nd</i>	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	0,001	0,001	0,001	0,001	*	*	0,001	*	*	*	0,001	
<i>Paraprionospio pinnata</i>																					
<i>Phyllodocidae nd</i>																					
<i>Phylo norvegica</i>	0,043	0,056			0,023	*				0,001	0,018	0,014	*	0,020	*	0,034	*	0,022	0,159		
<i>Pilargidae nd</i>	*		*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Pilargis verrucosa</i>																					
<i>Poecilochetus serpens</i>																					
<i>Polydora maxillosus</i>										0,047										0,112	
<i>Prionospio sp</i>											0,001	*	*	0,001							
<i>Scoletoma impatiens</i>											0,013										
<i>Scoletoma sp</i>				*																	

Tab. 3-XXIX – Lista e biomassa (gr/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 3° survey post lavori di installazione (inverno 2017). * = <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																				
Briozoa nd							*													*
<i>Triticella flava</i>		*																		
Cnidari																				
Antozoi																				
Actiniaria nd								0,006												
<i>Edwardsia claparedii</i>	0,515						0,095					0,009								
<i>Funiculina quadrangularis</i>			7,313									0,421		1,512						0,311
Idrozoi								*												
Hydroidea nd		*	*													0,002				
Crostacei																				
Anfipodi																				
<i>Ampelisca diadema</i>										*										*
<i>Cheirocratus sundevallii</i>																				
<i>Corophium</i> sp					0,001			*												*
<i>Eriopsis elongata</i>																				*
<i>Halice walkeri</i>									*											*
<i>Leptocheirus guttatus</i>														*						*
<i>Leucothoe incisa</i>																				*
<i>Paraphoxus oculatus</i>										*				*						*
<i>Phthisica marina</i>					*															*
<i>Stenothoe</i> sp													*							*
Copepodi																				
Copepoda nd			*	*																
Cumacei									*				*							
<i>Eudorella truncatula</i>		*																		
Decapodi																0,100				
<i>Alpheus glaber</i>															0,001	0,005	0,071	0,025	0,005	
<i>Callinassa subterranea</i>	0,009	0,027	*	0,015	0,001		0,007	0,035	0,033	0,032	0,007	0,021								0,093
<i>Goneplax rhomboides</i>		0,125							0,100	0,268		0,123								0,001
<i>Jaxea nocturna</i>												0,105								0,001
<i>Macropodia longipes</i>			0,139																	
<i>Solenocera membranacea</i>	0,613																			
Misidacei												*								
Misidiacea nd																				
Ostracodi			*	*			*													
Ostracoda nd																				
Tanaidacei			*	*						0,001										
<i>Apseudes spinosus</i>		0,001																		
Echinodermi																				
Echinoidei																				
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>		0,379	2,094					9,728												
Olioturoidei		0,022	0,113	0,423				0,010						0,669		0,187	0,513			0,171
<i>Labidoplax digitata</i>																				
Molluschi																				
Bivalvi																				
<i>Anomia ephippium</i>			*																	0,001
<i>Azorinus chamasolen</i>		0,460	*					*												
<i>Kellia suborbicularis</i>		*					*	*												
<i>Kelliella abyssicola</i>								*			*									0,001
<i>Kurtiella bidentata</i>								*												
<i>Nucula nitidosa</i>		0,001													0,001					
<i>Nucula sulcata</i>		0,394					1,175			0,099										0,312
<i>Thyasira biplicata</i>								0,040												0,587
<i>Timoclea ovata</i>	0,001																			*
Caudofoveati																				*
<i>Falcidens guttuosus</i>			*																	
Gasteropodi																				
<i>Bela brachystoma</i>		0,004	0,009	0,002	0,016	0,010	0,014	0,009	0,006	0,003	0,001	0,005	0,004	0,001	0,003	0,001	0,002	0,005	0,008	0,002
<i>Hyala vitrea</i>																				0,010
<i>Odostomia</i> sp																				
<i>Turritella communis</i>		0,001				0,001							0,276							
Nemertini																				
Nemertea nd		*	*	0,229	0,000	0,004		0,001				*	*	*	*	0,001		0,001		*
Policheti																				
<i>Ampharete acutifrons</i>			*					*					0,001	*						*
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	0,003	0,003					*	*						*						*
<i>Aphelocheata filiformis</i>	*	0,001	*	0,001	0,001	*	0,001	*	0,001	*	0,001	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphelocheata marioni</i>							*	*												*
Capitellidae nd								*												*
<i>Chaetozone caputesocis</i>	0,003								0,002										0,002	0,011
Cirratulidae nd			*	*	*						*	*							0,001	*
<i>Glycera alba</i>													*							
<i>Glycera rouxii</i>	0,002		0,049	0,002					0,223		0,167	0,099				0,088			*	0,220
<i>Glycera</i> sp	0,001		0,016		*			*			*				0,001	0,001		0,003	*	*
<i>Glycera tessellata</i>									*		*									*
<i>Harmothoe</i> sp	0,003	0,002	*											0,001	*	0,001				*
<i>Lumbrineris gracilis</i>																				*
Maldanidae nd																				0,014
<i>Marphysa bellii</i>	0,047	0,135	0,182	0,141	0,072	0,118		0,150	0,099	0,103	0,190	0,006	*	0,062	0,051	0,130	0,100	0,169	0,378	0,217
<i>Melinna palmata</i>																			0,003	
<i>Minuspio cirrifer</i>							*	*												*
<i>Nephtys hystrix</i>							*	*		*										*
<i>Ninoc</i> sp	0,002	*		0,002	0,003	0,010	0,004	0,003			0,001		0,001	0,006					0,001	0,006
<i>Notomastus aberans</i>			*	*		0,016	*	0,010	0,005	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ophelina cylindricaudata</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ophiodromus flexuosus</i>																				0,001
<i>Parthalis oerstedii</i>		*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,113
<i>Paradiopatra callopaee</i>	0,002	*	*	0,003	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,003	0,002	*	0,003	0,001	0,002	0,022	*	0,001	0,001	*	0,001	*	*	*					

Tab. 3-XXX – Continuo.

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
Poicheti																				
<i>Sabellidae</i> nd			*				*						*							*
<i>Scalibregma inflatum</i>								0,001												*
<i>Scoletoma impatiens</i>									0,002	*	*		0,001	*				*	*	
<i>Scoletoma</i> sp		0,002									*			*					*	*
<i>Scoloplos armiger</i>		*	*	0,001				*	*	*			0,001						*	*
<i>Serpula vermicularis</i>					*			*	*	*	*	*				*	*		*	*
<i>Spionidae</i> nd			*	*	*		*	*	*	*	*	*				*	*		*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>								*	*	*										*
<i>Sternaspis scutata</i>	0,682													0,005						0,544
<i>Sthenelais boa</i>	*																			0,013
<i>Syllis parapar</i>														0,001						
<i>Terebellidae</i> nd							0,001			0,018					0,001	0,000	0,005	0,001		
<i>Terebellides stroemi</i>														0,001						
Sipunculidi																				
<i>Aspidosiphon muelleri</i>															0,020					
<i>Oncinesoma steenstrupi</i>		0,001				0,002	0,002	0,002	0,001	*	0,001		*	*	0,001	0,001	*	0,001	0,001	0,001
<i>Phascolion strombus</i>								*								*	0,006			
<i>Sipuncula</i> nd			0,002	*		0,002														
Biomassa totale	3,826	0,455	41,886	26,331	0,831	0,279	1,168	16,424	6,610	5,300	0,772	0,874	1,598	0,789	0,538	0,924	1,069	21,129	32,021	1,068

3.3.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

I taxa di fondo mobile sono risultati i più rappresentati in tutti i monitoraggi (Tab. 3-XXXIa e 3-XXXIb); 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-XXXI – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nell'intero periodo di indagine suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXI.

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							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, Sd)	1	1						1		1										
Larga ripartizione ecologica (Lre)			2				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						

3° 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			1					1		1							
Limicoli (Lim, VTC, VB)	8	11	8	7	4	7	7	10	9	9	5	9	6	4	4	6	5	9	8	10
Sabulicoli (Sab, SFBC)	2	3			1		1					1	1	1		1	2	3		3
Misticoli (Mixt, DE, DL)	1	3					3			3		1	1		1				1	1
Indicatori di Materia Organica (MO)	3	2	2	3	2	1	3	4	4	2	2	4	2	1	2	2	1	1	1	2
Minuticoli (Minut)																			1	
Substrato duro (HP, Sd)	1	1		1					1	1										
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1		3		1			1		1										

4° 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)	12	8	9	9	7	7	11	10	13	10	8	7	8	9	6	7	7	11	8	11
Sabulicoli (Sab, SFBC)	3	3	2	1	3	2		2	1	2	4	2	2	3	1	3		3	2	2
Misticoli (Mixt, DE, DL)			2			1		3	3					1			2	1	2	
Indicatori di Materia Organica (MO)	1	2	2	2	1	3	1	2	3	5	2	2	3	6	4	2	3	3	3	5
Minuticoli (Minut)								1	1			1								
Substrato duro (HP, Sd)		1				1	1			1						1			2	
Larga ripartizione ecologica (Lre)		1	1	1				2	1	1			1					2		

Tab. 3-XXXI – Continuo.

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)																				
Substrato duro (HP)	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	1,33	0,67	2,00	1,00		0,33	0,33			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° 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			0,33					0,33		0,33							
Limicoli (Lim, VTC, VB)	21,67	19,33	5,00	16,67	14,67	16,00	12,67	11,00	9,67	5,67	8,33	10,00	5,33	4,33	2,33	4,33	7,33	16,33	9,33	15,00
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1,00	1,33			0,33	0,00	0,33					0,33	0,67	0,67		0,33	0,67	2,00		2,33
Misticoli (Mixt, DE, DL)	0,33	1,00					1,33			1,00		0,33	0,67		0,33					0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	2,67	2,00	0,67	2,67	1,00	1,67	1,67	3,33	2,33	1,00	1,00	4,00	3,67	1,00	0,67	2,00	2,67	1,00	1,33	3,00
Minuticoli (Minut)																				0,33
Substrato duro (HP, Sd)	0,33	0,33	0,00	0,33					0,33	0,33										
Larga ripartizione ecologica (Lre)	0,33		3,33		0,33			0,33		0,67										

4° 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)	0,75	1,71	1,26	1,26	1,24	0,95	1,73	1,03	0,95	0,97	1,71	1,10	0,79	1,63	1,56	1,33	1,05	0,64	1,08	0,64
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,44	0,33	0,83	0,33	0,33	0,50		0,33	0,33	0,50	0,42	0,33	0,50	0,44	0,33	0,44		0,44	0,33	0,50
Misticoli (Mixt, DE, DL)			0,50			0,33		0,56	0,44					0,33				0,33	0,33	0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	1,67	1,17	0,50	0,83	0,33	0,33	3,33	1,00	1,00	0,60	1,33	0,67	0,89	0,94	0,67	1,17	0,67	1,33	1,00	0,53
Minuticoli (Minut)								0,33	0,33			0,33								
Substrato duro (HP, Sd)		0,33				0,33	0,33			0,33						0,33			0,33	
Larga ripartizione ecologica (Lre)		0,33	0,33	0,33				0,33	0,33	0,33			0,33							0,50

3.3.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 21 taxa che complessivamente hanno costituito oltre il 70% delle comunità in tutti i monitoraggi, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 3.10).

Come anticipato nel Cap. 3.3.1, i policheti paraonidi sono risultati il taxon dominante nella maggior parte dei siti in ogni campionamento; questa famiglia ha raggiunto il suo massimo nel controllo K9 durante il 1° survey post lavori (62,8%). Altre specie sempre particolarmente importanti sono il gasteropode *H. vitrea* e il decapode *C. subterranea*, entrambe specie tipiche di fondali limosi.

Durante l’ultimo campionamento *H. vitrea* è risultato il secondo taxon in ordine di importanza nella maggior parte delle stazioni di entrambi i transesti, superando in alcuni casi (C2, C3, C5, D2 e D5) i paraonidi e raggiungendo il massimo in C5 (40,0%).

In tutti i survey anche i policheti *Marphysa bellii* e *Aphelochaeta filiformis* sono risultati ben rappresentati. Tutte le altre specie riportate in fig. 3.10, con qualche eccezione, hanno

rappresentato meno del 10% nei vari survey. La categoria “altro” è sempre apparsa ben presente ovunque.

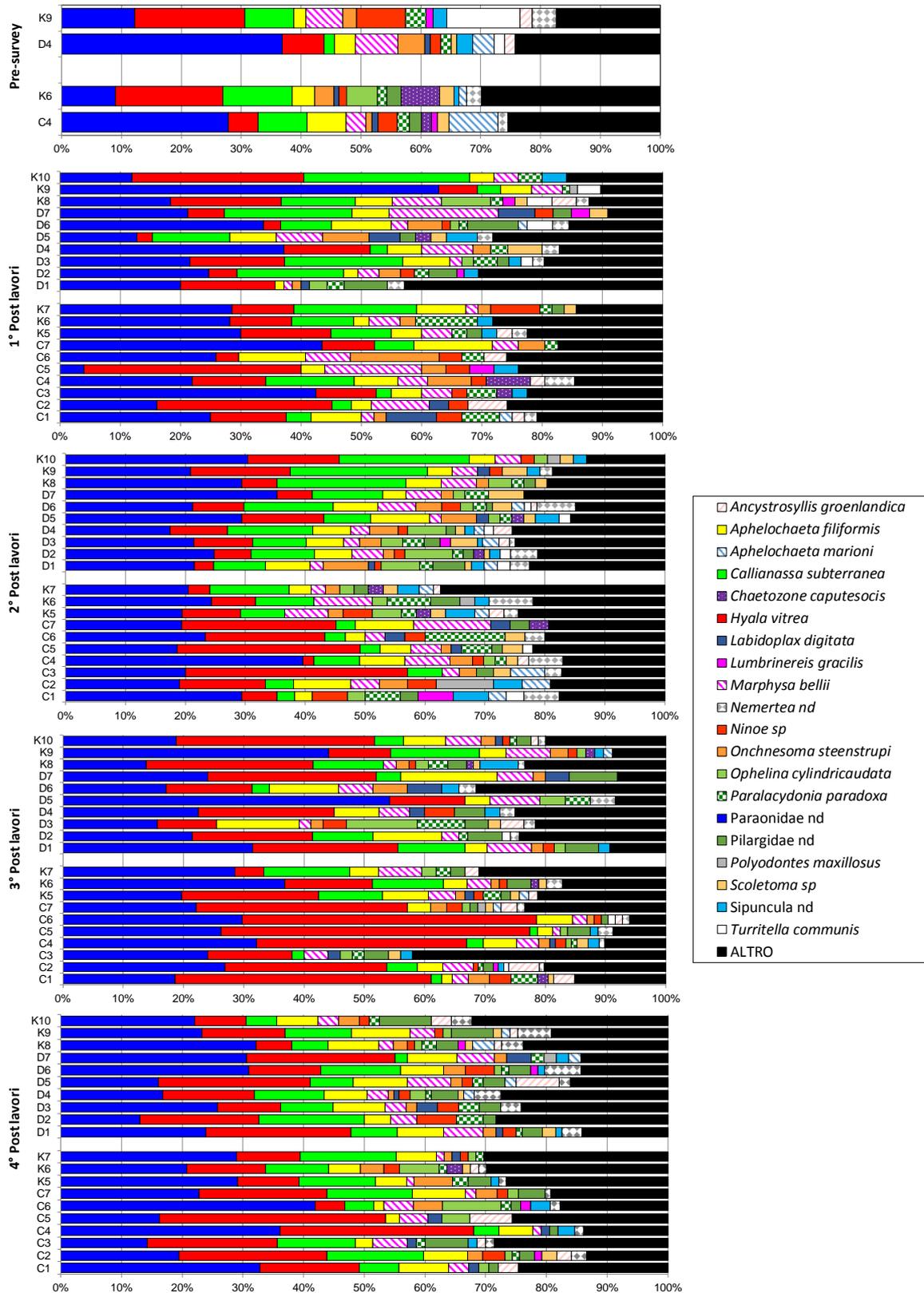


Fig. 3.10 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nei survey condotti sinora.

Le curve di dominanza cumulativa (fig. 3.11) 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 lavori di installazione solo i controlli K9 e K10 erano leggermente distaccati dalle altre stazioni, mentre nel 2°, nel 3° e nel 4° post è stata riscontrata una generale similitudine tra i siti.

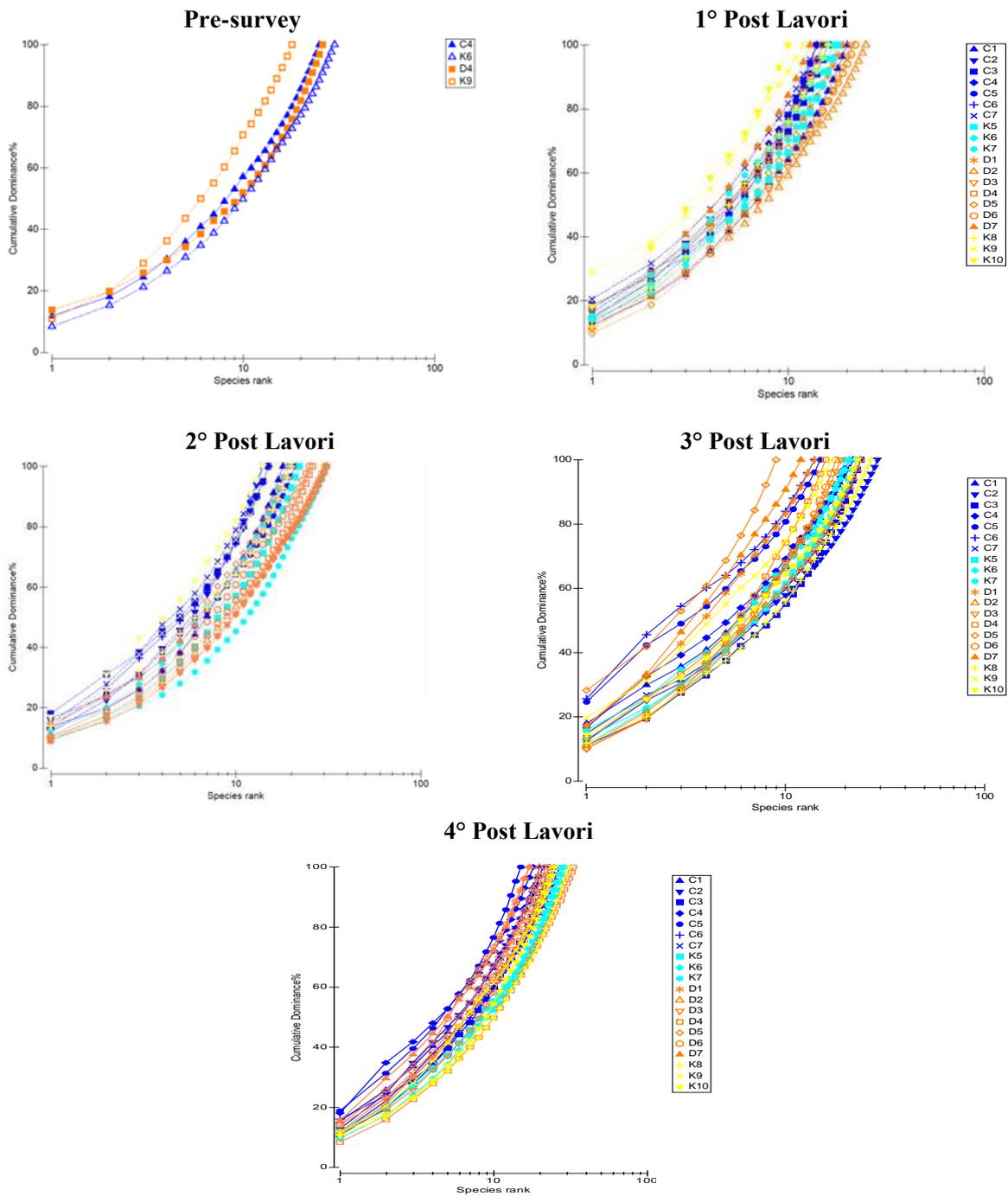


Fig. 3.11 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nei differenti survey.

3.3.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nel pre-survey erano stati complessivamente rinvenuti 46 taxa (Tab. 3-XXXII). A partire dal 1° survey post lavori di installazione si è registrato un costante incremento del numero di taxa fino ad arrivare a 106 nell'ultimo periodo di indagine. Policheti, crostacei e molluschi sono stati i raggruppamenti meglio rappresentati in ogni periodo di osservazione; policheti e molluschi sono costantemente aumentati nel tempo, mentre i crostacei hanno mostrato un arresto nell'estate 2017.

Tab. 3-XXXII - Numero complessivo di taxa suddivisi nei gruppi tassonomici rinvenuti nell'intero periodo di indagine.

	Pre-survey	1° Post Lavori	2° Post Lavori	3° Post Lavori	4° Post Lavori
Briozoi		1	1	2	3
Cnidari		1	2	4	4
Crostacei	6	13	15	22	20
Echinodermi	4	3	3	2	2
Molluschi	7	7	7	14	16
Nemertini	1	1	1	1	1
Platelminti			1		
Policheti	26	43	45	42	56
Poriferi				1	
Sipunculidi	2	3	4	3	4
TOTALE	46	72	79	91	106

Per quanto concerne l'ultimo monitoraggio, i due transetti sono risultati simili in termini di valori a 30 e 60 m di distanza in entrambe le direzioni rispetto alla condotta (fig. 3.12). A 100 m di distanza è risultato più ricco il transetto C a SSW (C7 vs D7) e D verso NNE (D1 vs D1) e in corrispondenza del sea-line (C4 vs D4). In D4, peraltro, è stato raggiunto il massimo assoluto dell'intero periodo di indagine (34). Entrambi i transetti hanno presentato valori inferiori a quelli dei rispettivi gruppi di controlli (eccetto D4).

Rispetto all'inverno 2017 in estate è avvenuto un generale arricchimento che non ha riguardato solo pochi siti, in particolar C1, C2 e D2 in cui S è si è ridotta e C3 e C5 in cui non sono avvenute variazioni. Rispetto invece al pre-survey, C4 non ha ancora raggiunto la Ricchezza specifica registrata prima dell'installazione della condotta, mentre D4 l'ha superata abbondantemente.

I policheti hanno sempre costituito 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).

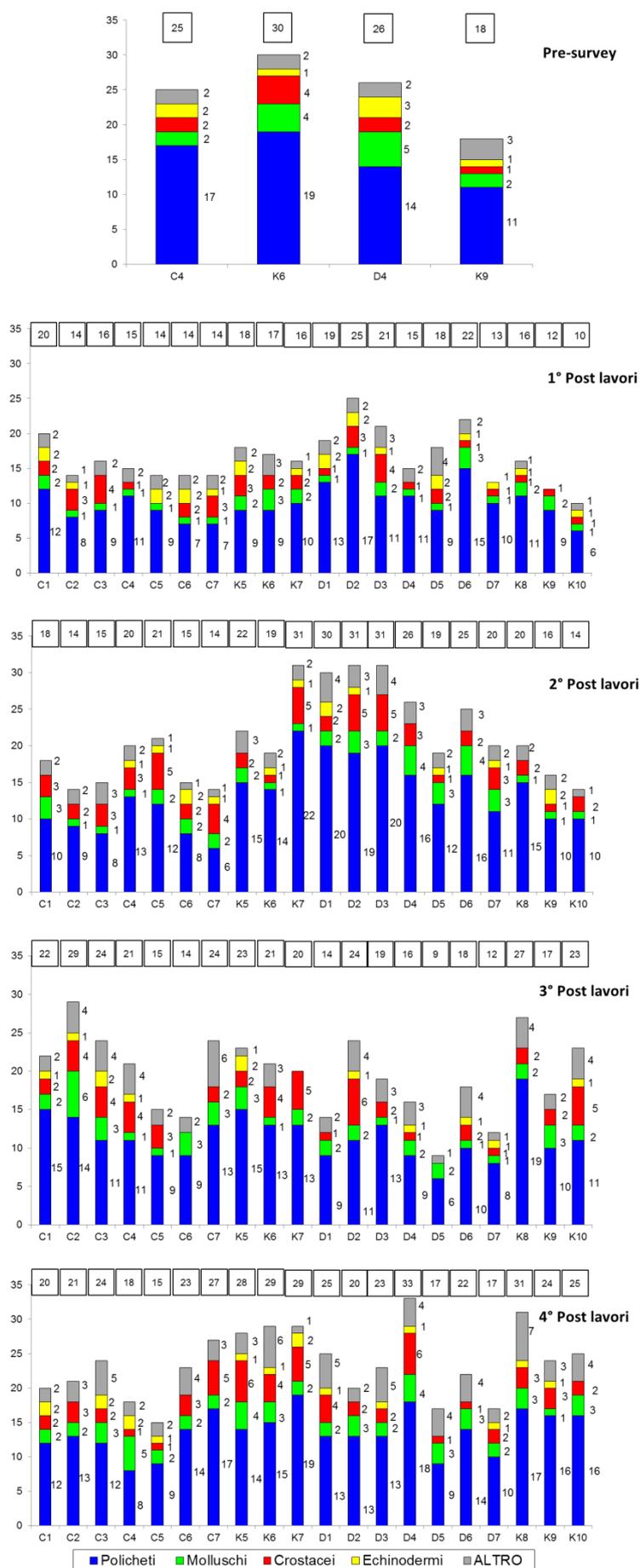


Fig. 3.12 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'intero periodo di indagine. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

3.3.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_m)

La Ricchezza specifica media ha presentato un trend simile a quelli osservati per la densità e la Ricchezza specifica totale in tutti i survey effettuati dopo l'installazione della condotta (fig. 3.13). Nell'estate 2017 i valori relativi al transetto C sono oscillati tra $7,00 \pm 1,00$ (C5) e $14,33 \pm 1,86$ (C7) e sono tutti rientrati, eccetto C5, nell'intervallo dei controlli K5-K7 ($12,67 \pm 3,71 \leq S_m \leq 14,33 \pm 0,33$). Il trend ha presentato un decremento da C3 a C5 e un aumento sino a C7.

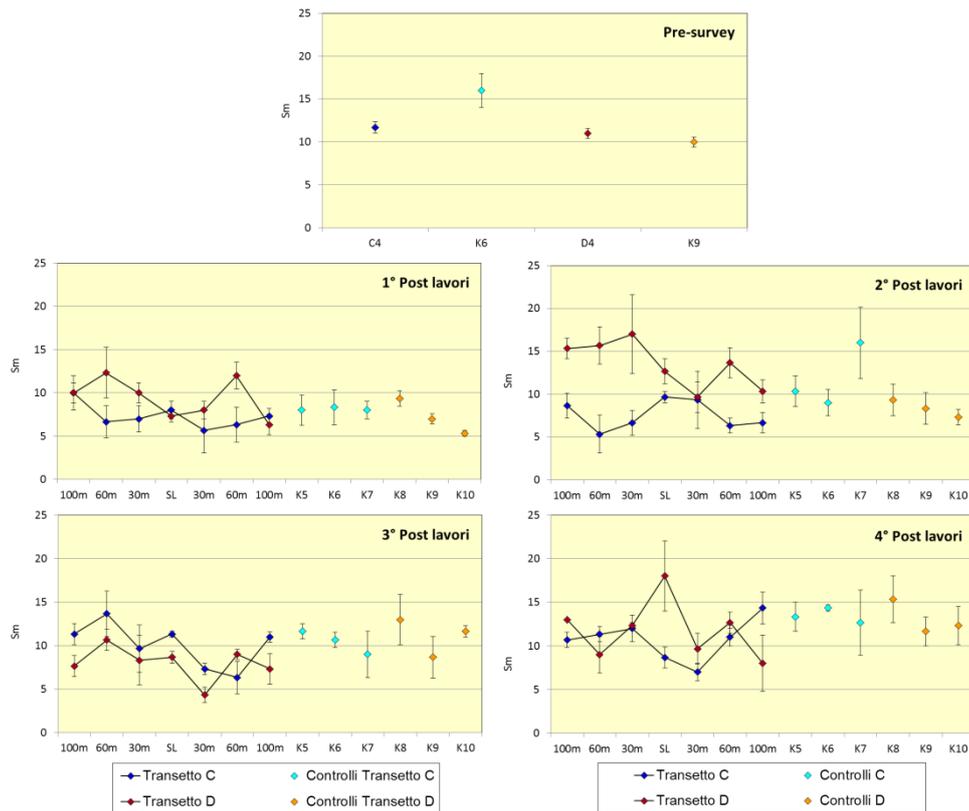


Fig. 3.13 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo.

Il range relativo a D è apparso più ampio, variando tra $8,00 \pm 3,21$ (D7) e $18,00 \pm 4,04$ (D4, massimo del campionamento), e con maggiori oscillazioni. Comunque, anche in questo caso tutti i valori sono rientrati nel range dei rispettivi controlli ($11,67 \pm 1,67 \leq S_m \leq 15,33 \pm 2,67$). Anche la Ricchezza specifica media, così come la totale e la Densità, è risultata comparabile tra i due transetti nei siti posizionati a 30 e 60 m di distanza dal sea-line, mentre è apparsa maggiore lungo C a SSW e lungo D a 100 m NNE e in corrispondenza della condotta.

Rispetto al campionamento precedente è avvenuto un aumento di S_m nella maggior parte del transetto D, mentre nelle stazioni posizionate lungo C l'indice è rimasto invariato o ha subito una riduzione. Ai controlli non si rilevano variazioni tra le due stagioni eccetto in

K6 dove S_m è aumentata. In C4 non è stato ancora raggiunto il risultato del pre-survey, mentre in D4 è stato superato. I due controlli campionati prima e dopo l'installazione della condotta non hanno mostrato variazioni.

3.3.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Anche per questo indice nell'estate 2017 il massimo è stato ottenuto in D4 ($2,53 \pm 0,29$) per il minor contributo delle due specie principali (*Paraonidae* nd e *H. vitrea*; cfr. Cap. 3.3.3.) rispetto alle altre stazioni dei transetti. Analogamente agli altri indici biotici le due stazioni corrispondenti al sea-line non sono apparse comparabili; in C4, infatti, è stato registrato un valore molto più basso ($1,67 \pm 0,13$) determinato, oltre che per nettissima dominanza dei due taxa sopra citati, che insieme hanno rappresentato il 68% del popolamento, anche dalla minore Ricchezza specifica.

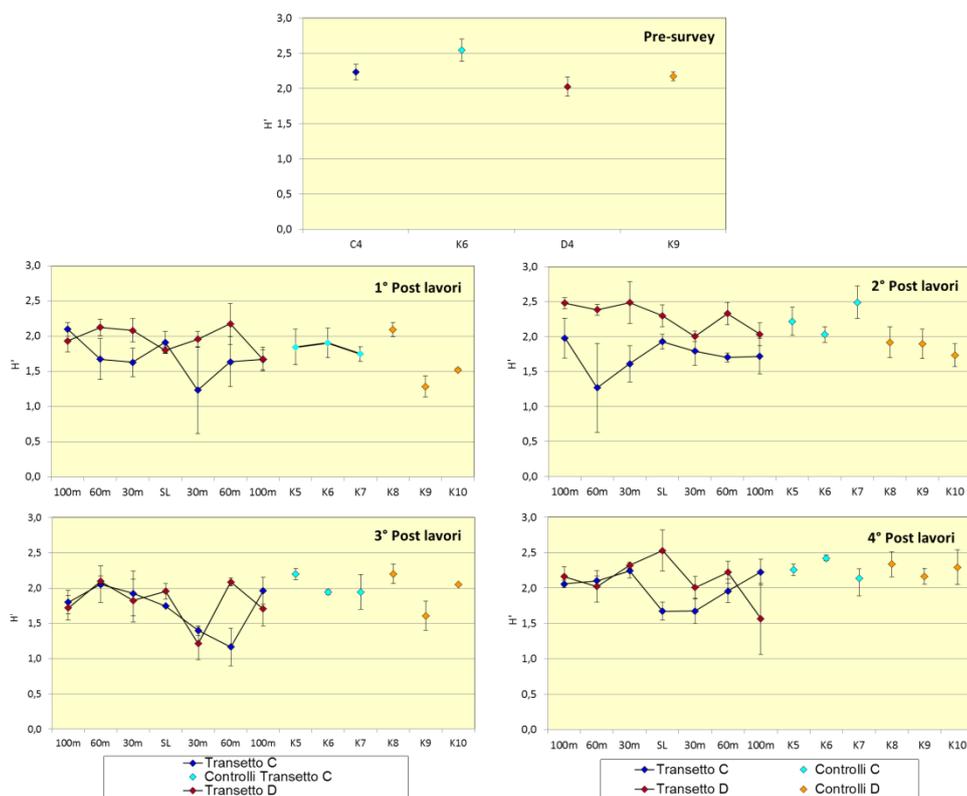


Fig. 3.14 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo di indagine.

Nonostante le oscillazioni tra un sito e l'altro tutte le stazioni di D (eccetto D4 con D7) sono apparse comparabili tra loro e con i rispettivi controlli. Una buona omogeneità è stata riscontrata anche tra i siti C, anche se C4 e C5 sono apparsi meno diversificati rispetto a quasi tutte le altre stazioni. Tutte, comunque, sono rientrate anche in questo caso nel range dei rispettivi controlli.

Rispetto all'inverno 2017 le variazioni non sono state univoche essendo l'indice aumentato in alcuni casi e diminuito in altri. Quelle più eclatanti sono il netto aumento in D4, D5 e C6; un incremento è avvenuto anche ai riferimenti K6 e K9.

Rispetto al pre-survey i due controlli sono rimasti invariati. In C4 H' si è ridotto mentre in D4 è aumentato.

3.3.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie campionate nell'intero periodo di indagine non ha evidenziato grosse discrepanze tra i gruppi di siti (fig. 3.15a), pur avendone distanziati alcuni come ad esempio C5 relativo all'ultimo survey e C3 campionato in inverno 2017 (3° post lavori). In termini temporali, invece, ha leggermente distinto i primi due monitoraggi post lavori, posizionati in alto e a destra del plot, da quelli condotti nel 2017 che sono invece stati plottati verso sinistra e verso il basso (fig. 3.15b).

La relativa omogeneità tra le stazioni è stata determinata dalla presenza pressoché ovunque delle specie principali quali i paraonidi e *M. bellii* (figg. 3.15c e 3.15d), mentre la distinzione tra i survey è stata una conseguenza dei diversi quantitativi di alcuni altri taxa come ad esempio *H. vitrea*, la cui abbondanza è aumentata negli ultimi due campionamenti (fig. 3.15e).

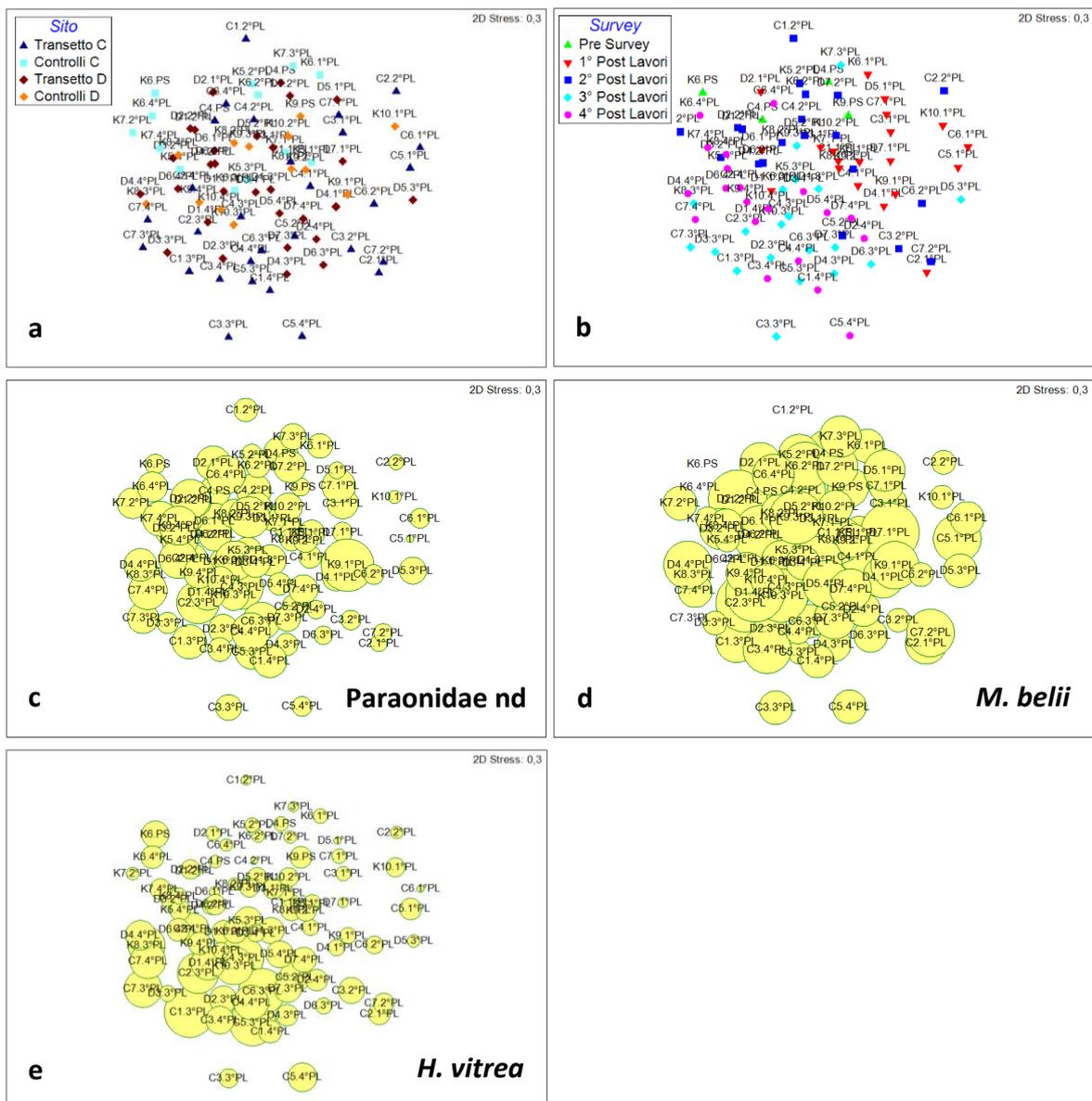


Fig. 3.15 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell'intero periodo di indagine tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi gialli indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

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 praticamente ovunque durante tutto il periodo di campionamento (Tab. 3-XXXIII).

Solo nel 3° survey post lavori di installazione era stato evidenziato un ambiente moderatamente disturbato in due siti C (C1 e C6) e in D3, mentre nel 2° post era risultata non disturbata la stazione C6.

Tab. 3-XXXIII – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti nell'intero periodo di indagine. In rosso i 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
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	

	Stazione	W	Classificazione ambientale
3° Post lavori	C1	0,325	Moderatamente disturbato
	C2	0,449	Leggermente disturbato
	C3	0,657	Leggermente disturbato
	C4	0,377	Leggermente disturbato
	C5	0,371	Leggermente disturbato
	C6	0,271	Moderatamente disturbato
	C7	0,502	Leggermente disturbato
	K5	0,627	Leggermente disturbato
	K6	0,380	Leggermente disturbato
	K7	0,553	Leggermente disturbato
4° Post lavori	D1	0,464	Leggermente disturbato
	D2	0,511	Leggermente disturbato
	D3	0,171	Moderatamente disturbato
	D4	0,629	Leggermente disturbato
	D5	0,422	Leggermente disturbato
	D6	0,501	Leggermente disturbato
	D7	0,498	Leggermente disturbato
	K8	0,415	Leggermente disturbato
	K9	0,428	Leggermente disturbato
	K10	0,415	Leggermente disturbato

	Stazione	W	Classificazione ambientale
4° Post lavori	C1	0,522	Leggermente disturbato
	C2	0,445	Leggermente disturbato
	C3	0,657	Leggermente disturbato
	C4	0,618	Leggermente disturbato
	C5	0,483	Leggermente disturbato
	C6	0,482	Leggermente disturbato
	C7	0,438	Leggermente disturbato
	K5	0,619	Leggermente disturbato
	K6	0,551	Leggermente disturbato
	K7	0,574	Leggermente disturbato
	D1	0,382	Leggermente disturbato
	D2	0,539	Leggermente disturbato
	D3	0,523	Leggermente disturbato
	D4	0,459	Leggermente disturbato
	D5	0,448	Leggermente disturbato
	D6	0,458	Leggermente disturbato
	D7	0,471	Leggermente disturbato
K8	0,662	Leggermente disturbato	
K9	0,638	Leggermente disturbato	
K10	0,546	Leggermente disturbato	

3.3.8.2 Indice AMBI

L'indice AMBI (Tab. 3-XXXIV) ha fornito risultati molto simili al W di Clarke, indicando una situazione di disturbo lieve (in rari casi di assenza di disturbo) ovunque e sin dal pre-survey. Nel 1°, 3° e nel 4° post lavori nella maggior parte dei siti hanno prevalso le specie “tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti” (gruppo ecologico III);

una situazione differente si è registrata durante il 2° post lavori quando sono risultati più importanti i taxa “indifferenti all’arricchimento organico” (gruppo ecologico II) in quasi tutte le stazioni, sostituite in C3, C5 e C7 dalle “specie molto sensibili” (gruppo ecologico I).

Tab. 3-XXXIV – 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 nell’intero periodo di indagine e classificazione del disturbo ambientale secondo l’indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione. In rosso i 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-XXXIV – Continuo.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
3° Post lavori	C1	50,5	18,3	29,4	1,8	0,0	1,239	Leggermente disturbato
	C2	41,1	11,6	47,3	0,0	0,0	1,594	Leggermente disturbato
	C3	54,2	16,7	29,2	0,0	0,0	1,125	Non disturbato
	C4	43,3	9,6	45,2	1,9	0,0	1,587	Leggermente disturbato
	C5	60,0	3,8	35,0	1,3	0,0	1,162	Non disturbato
	C6	55,4	4,8	38,6	1,2	0,0	1,283	Leggermente disturbato
	C7	50,0	9,5	36,5	4,1	0,0	1,419	Leggermente disturbato
	K5	31,2	15,6	50,0	1,6	1,6	1,898	Leggermente disturbato
	K6	23,9	11,3	63,4	1,4	0,0	2,134	Leggermente disturbato
	K7	22,0	17,1	58,5	0,0	2,4	2,159	Leggermente disturbato
	D1	37,0	13,0	46,3	3,7	0,0	1,750	Leggermente disturbato
	D2	34,3	14,9	49,3	1,5	0,0	1,769	Leggermente disturbato
	D3	31,3	20,8	45,8	2,1	0,0	1,781	Leggermente disturbato
	D4	35,0	22,5	42,5	0,0	0,0	1,612	Leggermente disturbato
	D5	20,8	16,7	62,5	0,0	0,0	2,125	Leggermente disturbato
	D6	34,3	22,9	37,1	5,7	0,0	1,714	Leggermente disturbato
	D7	44,0	10,0	46,0	0,0	0,0	1,530	Leggermente disturbato
	K8	45,2	14,0	34,4	4,3	2,2	1,565	Leggermente disturbato
	K9	20,6	11,8	64,7	2,9	0,0	2,250	Leggermente disturbato
	K10	45,8	12,0	41,0	1,2	0,0	1,464	Leggermente disturbato
4° Post lavori	C1	32,8	10,3	56,9	0,0	0,0	1,862	Leggermente disturbato
	C2	35,0	15,0	50,0	0,0	0,0	1,725	Leggermente disturbato
	C3	41,8	13,4	43,3	1,5	0,0	1,567	Leggermente disturbato
	C4	43,7	4,2	52,1	0,0	0,0	1,627	Leggermente disturbato
	C5	52,5	12,5	32,5	2,5	0,0	1,275	Leggermente disturbato
	C6	28,3	15,0	53,3	3,3	0,0	1,975	Leggermente disturbato
	C7	38,1	8,0	48,7	5,3	0,0	1,819	Leggermente disturbato
	K5	37,8	15,6	46,7	0,0	0,0	1,633	Leggermente disturbato
	K6	29,5	22,7	43,2	4,5	0,0	1,841	Leggermente disturbato
	K7	27,3	18,2	54,5	0,0	0,0	1,909	Leggermente disturbato
	D1	33,9	16,1	45,5	4,5	0,0	1,808	Leggermente disturbato
	D2	36,5	15,4	46,2	1,9	0,0	1,702	Leggermente disturbato
	D3	25,0	9,5	63,1	1,2	1,2	2,161	Leggermente disturbato
	D4	38,8	16,3	42,9	2,0	0,0	1,622	Leggermente disturbato
	D5	34,6	12,8	51,3	1,3	0,0	1,788	Leggermente disturbato
	D6	33,3	12,5	51,4	2,8	0,0	1,854	Leggermente disturbato
	D7	26,7	12,0	60,0	1,3	0,0	2,040	Leggermente disturbato
	K8	24,7	16,0	54,3	4,9	0,0	2,093	Leggermente disturbato
	K9	26,8	12,7	57,7	1,4	1,4	2,070	Leggermente disturbato
	K10	35,1	12,3	52,6	0,0	0,0	1,763	Leggermente disturbato

3.3.8.3 Indice BENTIX

Anche nell'estate 2017, come nei survey precedenti, l'indice BENTIX (Tab. 3-XXXV) ha fornito risultati più negativi rispetto agli altri due indici, considerando la maggior parte dei siti come moderatamente disturbati. A tale proposito sono da considerare le differenti classificazioni degli indici AMBI e BENTIX: ad esempio, BENTIX considera tollerante *H. vitrea* che, dall'AMBI, è invece considerata sensibile. Trattandosi di uno dei taxa fortemente dominanti è chiaro che diventa determinante per la classificazione finale dello stato ambientale.

Il BENTIX ha indicato un peggioramento della qualità ambientale dal 3° campionamento post lavori, quando ha addirittura classificato fortemente disturbata C6.

Tab. 3-XXXV – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale ottenuti nell'intero periodo di indagine. In rosso i 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
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

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
3° Post lavori	C1	2,88	Moderatamente disturbato
	C2	3,14	Moderatamente disturbato
	C3	4,04	Leggermente disturbato
	C4	2,74	Moderatamente disturbato
	C5	2,50	Moderatamente disturbato
	C6	2,48	Fortemente disturbato
	C7	3,12	Moderatamente disturbato
	K5	3,17	Moderatamente disturbato
	K6	3,15	Moderatamente disturbato
	K7	3,56	Leggermente disturbato
	D1	3,41	Moderatamente disturbato
	D2	3,25	Moderatamente disturbato
	D3	3,47	Moderatamente disturbato
	D4	3,60	Leggermente disturbato
	D5	2,50	Moderatamente disturbato
	D6	3,49	Moderatamente disturbato
	D7	3,12	Moderatamente disturbato
	K8	3,32	Moderatamente disturbato
	K9	3,29	Moderatamente disturbato
	K10	3,01	Moderatamente disturbato
4° Post lavori	C1	3,31	Moderatamente disturbato
	C2	3,45	Moderatamente disturbato
	C3	3,65	Leggermente disturbato
	C4	2,67	Moderatamente disturbato
	C5	3,30	Moderatamente disturbato
	C6	3,48	Moderatamente disturbato
	C7	3,38	Moderatamente disturbato
	K5	3,26	Moderatamente disturbato
	K6	3,60	Leggermente disturbato
	K7	3,47	Moderatamente disturbato
	D1	3,66	Moderatamente disturbato
	D2	3,54	Moderatamente disturbato
	D3	3,24	Moderatamente disturbato
	D4	3,08	Leggermente disturbato
	D5	3,47	Moderatamente disturbato
	D6	3,65	Moderatamente disturbato
	D7	3,44	Moderatamente disturbato
	K8	3,45	Moderatamente disturbato
	K9	3,44	Moderatamente disturbato
	K10	3,47	Moderatamente disturbato

3.3.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XXXVI è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici. In tutti i cinque survey esso è oscillato tra buono e buono/moderato ad eccezione di alcuni siti campionati nel 3° post lavori caratterizzati da uno stato ecologico moderato.

Nell'inverno 2017 vi è stato un lieve peggioramento generalizzato che ha coinvolto anche i siti di controllo, essendo stato osservato uno stato buono/moderato quasi ovunque e tale situazione si è mantenuta anche nell'ultimo campionamento. E' da rilevare che, a differenza della maggior parte delle stazioni, lo stato in D4 è risultato buono sin dal 2° post lavori, risultando leggermente migliore rispetto al pre-survey. In C4, invece, non si osservano variazioni rispetto al periodo precedente l'installazione della condotta.

Tab. 3-XXXVI – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici e relativa all'intero periodo di indagine. In rosso i siti corrispondenti al sea-line.

		W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
Stazione		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-IRBIM (ex ISMAR) di 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-IRBIM 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-IRBIM 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; 2015; 2016; 2017a; 2017b; 2017c; 2018); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Clara NW con il relativo sea-line.

Per quanto concerne la condotta sottomarina, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti le caratteristiche fisiche, chimiche ed ecotossicologiche dei sedimenti e la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica.

Il monitoraggio è stato suddiviso in 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 dal pre-survey alla fine del 2° anno della fase di esercizio del sea-line (2017).

Caratteristiche sedimentologiche - I sedimenti presenti nell'area circostante la condotta sottomarina e nei siti di controllo sono sempre apparsi caratterizzati dalla dominanza della frazione pelitica con prevalenza di silt. Le variazioni temporali osservate, come ad esempio la riduzione dell'argilla a vantaggio del silt nell'estate 2016 (2° survey post lavori di installazione) e il decremento di quest'ultimo nel monitoraggio successivo, hanno sempre

riguardato anche i siti di controllo e, pertanto, non sono attribuibili alla presenza della struttura.

Anche dalle indagini sui contaminanti si evince che la condotta non ha comportato sostanziali variazioni nell'area circostante.

Gli IPA nel 2°, e in particolare nel 3° survey post lavori di installazione, hanno presentato un cospicuo aumento rispetto al pre-survey determinato soprattutto dal Naftalene, unico composto per il quale nel 3° post sono state rilevate anomalie positive con superamento dell'LCB (ICRAM-APAT, 2007) in diversi siti dei transetti e nel controllo K10. Nell'ultimo survey tali anomalie sono per lo più rientrate, in quanto sono rimaste concentrazioni di Naftalene leggermente maggiori dell'LCB in solo tre stazioni. Gli IPA totali, comunque, sono sempre stati abbondantemente inferiori all'LCB.

Gli Idrocarburi totali leggeri ($C < 12$) non sono mai stati quantificati. Quelli pesanti ($> C 12$), che erano comparsi ovunque nell'inverno 2017 ma in concentrazioni molto modeste, si sono diffusamente ridotti nell'ultimo campionamento ritornando a non essere rilevabili nella maggior parte dei siti come già nei monitoraggi precedenti.

Nulla da segnalare per quanto concerne i metalli pesanti, le cui variazioni temporali e spaziali non possono essere ricondotte alla presenza del sea-line. In generale non sono state infatti rilevate anomalie eccetto nel 2° survey post lavori relativamente all'arsenico, quando era stato registrato un picco lungo C a 60 m a SSW (stazione C6) mai più raggiunto. Si è trattato di un caso sporadico che non indica effetti da parte della condotta sulla distribuzione del metallo che è sempre risultato omogeneamente distribuito nel confronto tra transetti e siti di controllo. Le concentrazioni di tutti i metalli sono modeste.

Anche per la sostanza organica e il TOC, pur presentando anomalie molto sporadiche, come il picco di materia organica a 30 m a SSW dalla condotta lungo D (D5) nel 1° survey post lavori, è possibile affermare che a due anni dalla sua installazione il sea-line non ha modificato i sedimenti.

Ecotossicologia dei sedimenti - Nel 4° monitoraggio 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*, confermando i risultati ottenuti sin dal pre-survey. Nel caso della sopravvivenza dell'anfipode *Corophium orientale*, nell'ultimo campionamento è stato riscontrato un lieve peggioramento delle condizioni registrate nell'inverno 2017, quando non era stata rilevata tossicità, in due siti del transetto C, in uno di D e in un controllo. Un peggioramento più cospicuo (tossicità media) è stato osservato a 60 m a SSW lungo D (sito D6). La situazione appare comunque migliore

rispetto al monitoraggio effettuato subito dopo l'installazione della condotta (1° post lavori), quando ovunque eccetto in C6 (60 m di distanza dal sea-line verso SSW) era stata rilevata tossicità, attribuibile però a cause estranee alla struttura essendo stata registrata anche nei controlli.

Il test riguardante lo sviluppo larvale del mollusco bivalve *Crassostrea gigas* ha evidenziato esclusivamente una bassa tossicità nei due siti situati a 60 m a NNE (C2 e D2) dal sea-line. Altrove non è stata rilevata alcuna tossicità indicando la tendenza al ripristino delle condizioni ottimali rilevate nel pre-survey.

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 al contenuto rinvenuto nel bianco anche nell'estate 2017 come in precedenza. E' stato riscontrato un miglioramento per quanto concerne il nichel, che nei sedimenti testati è risultato presente in concentrazioni inferiori a quella del bianco come nel pre-survey e nel 1° post lavori, mentre zinco e magnesio hanno mostrato un peggioramento, essendo stati bioaccumulati per la prima volta. Tale bioaccumulo, così come quelli relativi a rame e arsenico, sono avvenuti anche in uno o entrambi i controlli e, pertanto, non sono direttamente correlabili alla presenza della condotta.

Indagini sulla comunità bentonica - A due anni dall'installazione della condotta sottomarina la comunità bentonica è apparsa abbastanza povera in termini di numero di individui e di specie come già sin dal pre-survey e costituita quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile. In tutte le stazioni le specie limicole hanno rappresentato il raggruppamento biocenotico più importante, in termini sia di numero di taxa che di densità. I policheti sono risultati il taxon principale, seguiti da molluschi e crostacei. Per quanto concerne la Ricchezza specifica, sembra proseguire l'incremento iniziato nell'estate 2016, indicando che il popolamento si sta ancora modificando e arricchendo, soprattutto lungo il transetto D. In corrispondenza del sea-line lungo questo transetto, infatti, sono stati raggiunti i valori massimi dell'intero periodo di indagine per quanto concerne sia la Ricchezza specifica, sia la Diversità specifica.

Comunque, in generale i taxa principali (*Paraonidae* nd e *H. vitrea*) sono sempre apparsi gli stessi sin dal pre-survey. Essendo questi insieme a pochi altri nettamente dominanti, la Diversità specifica si è presentata ancora bassa. Tuttavia, anche i siti di controllo hanno presentato valori di Diversità specifica non particolarmente elevati, per la quasi totalità dei casi comparabili a quelli dei transetti; pertanto si ritiene che la presenza del sea-line non abbia un ruolo determinante nella composizione del popolamento bentonico presente

nell'area circostante.

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, confermando il lieve miglioramento in corrispondenza della condotta lungo D (D4) rispetto al pre-survey già osservato sin dal 2° monitoraggio post lavori. In C4, invece, viene confermata la situazione riscontrata prima dell'installazione.

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. Poll. 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.

- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests*. EPA/600/R-93/183. 246 pp.
- EPA. 1996. *Silica gel cleanup*. EPA METHOD 3550C. 15 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 METHOD 8015D. 37 pp.
- EPA. 2007a. *Ultrasonic extraction*. EPA METHOD 3550C. 17 pp.
- EPA. 2007b. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. EPA METHOD 7473. 15 pp.
- EPA. 2007c. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. EPA METHOD 7010. 24 pp.
- EPA. 2007d. *Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry*. EPA METHOD 6010C. 34 pp.
- EPA 2014. *Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry*. EPA METHOD 8270D. 71 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *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., 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., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *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. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Gaetani A., Kozinkova L. 2018a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 3° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 12*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 177 + LV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Masnadi F., Spagnolo A. 2018b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 3° anno della fase di produzione. Rapporto finale - Rapporto n.12*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 301 + LVII 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.
- Lee K. 1982. *The effects of vanadium on phytoplankton: field and laboratory studies*. Ph.D. thesis, University of Toronto, 431 p. Natl. Libr. Can., Can. Theses Microfilm No. 58302.
- 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. Poll. 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, Solenogastrea, 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. *Mediterr. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- 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.
- USEPA. 1991. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms -Section 14- Green alga Selenastrum capricornutum growth test - Method 1003.0*. EPA/600/4-91/002. 334 pp.
- USEPA. 1995. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluent and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms*. EPA/600/R-95/136. 15 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 fornello 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

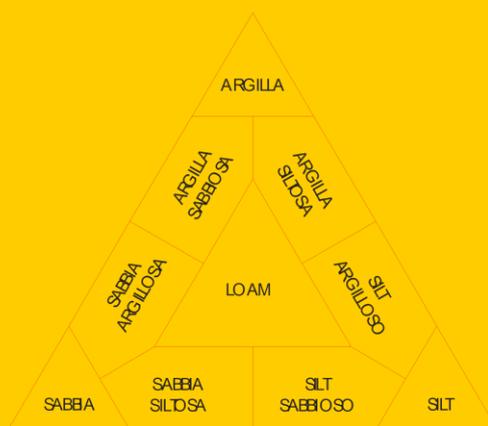
ALLEGATO B

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

K5 - K10

4° SURVEY POST LAVORI DI INSTALLAZIONE

2° semestre 2017



Stazione C1 (100 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	7,38	5	4,02
Mediana	M _d	7,42	16	4,77
Classazione	σ	2,30	25	5,57
Asimmetria	S _{ki}	-0,02	50	7,42
Appuntimento	K _G	0,78	75	9,08
			84	9,95
			95	10,68

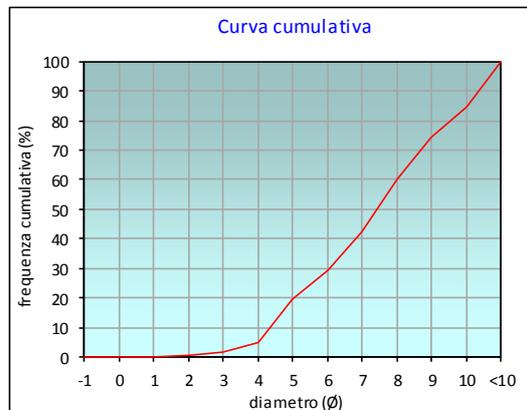
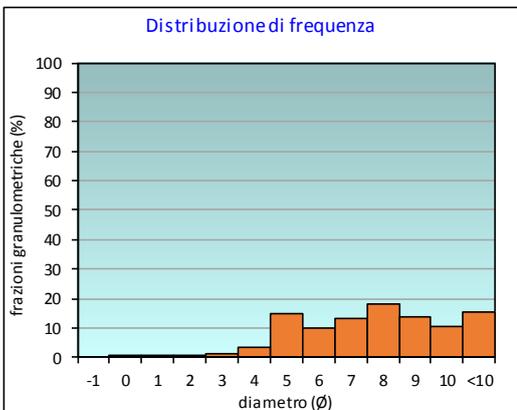
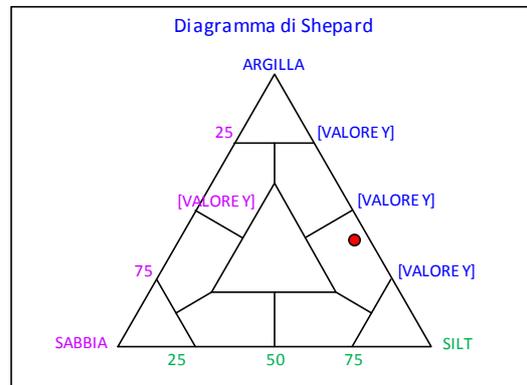
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,4	0,5
	3	125	1,0	1,5
	4	62,5	3,2	4,7
LIMO	5	31,2	14,7	19,4
	6	15,6	9,9	29,2
	7	7,8	13,2	42,4
	8	3,9	18,0	60,4
ARGILLA	9	2	13,8	74,2
	10	0,98	10,4	84,5
	<10	<0,98	15,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	4,7	55,7	39,6

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione C2 (60 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	6,95	5	4,02
Mediana	M _d	7,14	16	4,59
Classazione	σ	2,11	25	5,13
Asimmetria	S _{ki}	-0,05	50	7,14
Appuntimento	K _G	0,80	75	8,43
			84	9,13
			95	10,44

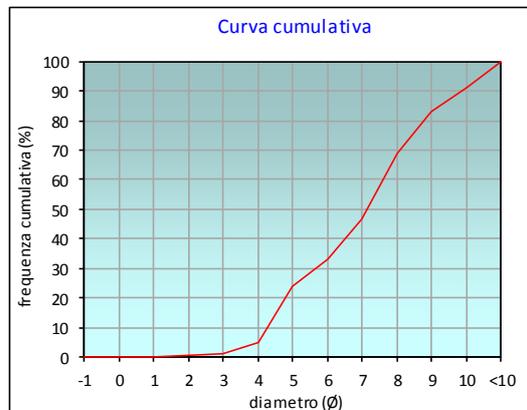
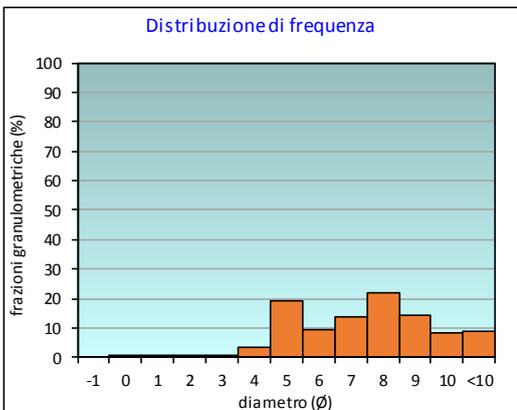
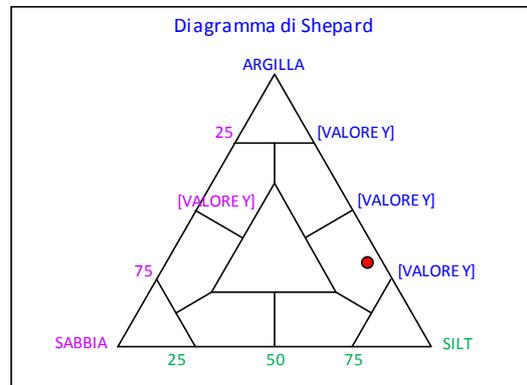
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,3	0,5
	3	125	0,8	1,3
	4	62,5	3,4	4,7
LIMO	5	31,2	19,1	23,8
	6	15,6	9,4	33,2
	7	7,8	13,7	46,9
	8	3,9	22,1	68,9
ARGILLA	9	2	14,0	83,0
	10	0,98	8,1	91,1
	<10	<0,98	8,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	4,7	64,2	31,1

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione C3 (30 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,19	5	4,13
Mediana	M _d	7,40	16	4,90
Classazione	σ	2,04	25	5,83
Asimmetria	S _{ki}	-0,09	50	7,40
Appuntimento	K _G	0,90	75	8,68
			84	9,27
			95	10,38

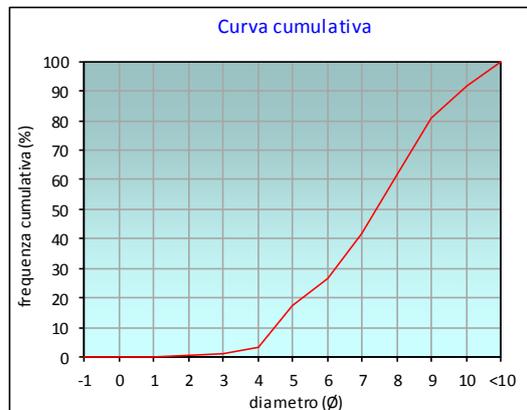
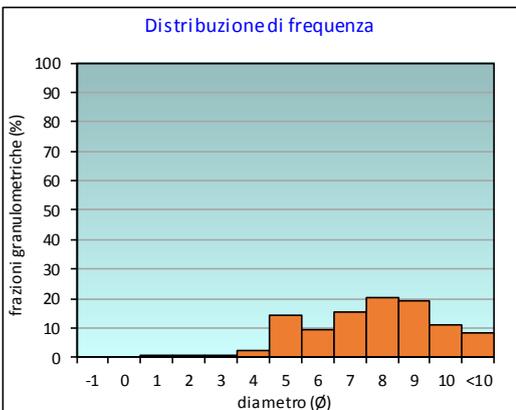
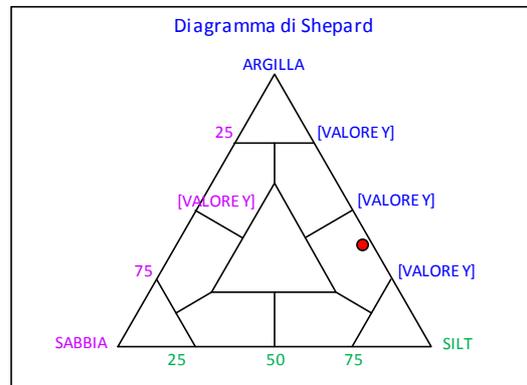
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,2	0,3
	3	125	0,6	0,9
	4	62,5	2,3	3,2
LIMO	5	31,2	14,2	17,4
	6	15,6	9,2	26,6
	7	7,8	15,4	42,0
	8	3,9	20,1	62,1
ARGILLA	9	2	19,0	81,1
	10	0,98	10,8	91,9
	<10	<0,98	8,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	3,2	58,9	37,9

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione C4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	53,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

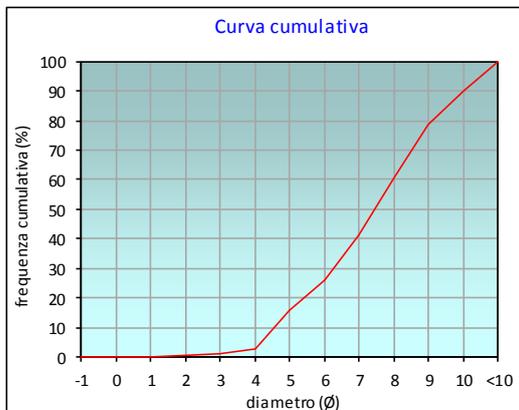
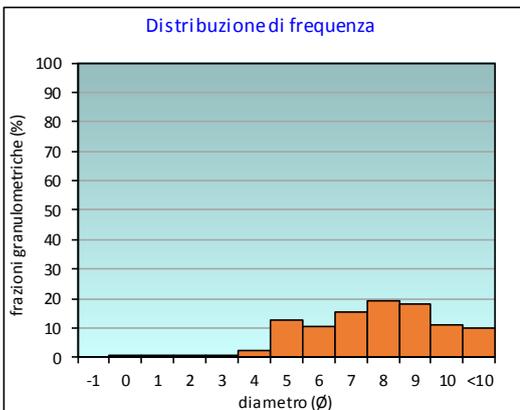
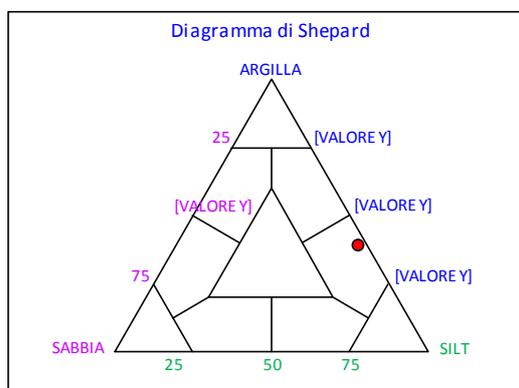
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,32	5	4,16
Mediana	M _d	7,44	16	5,05
Classazione	σ	2,07	25	5,92
Asimmetria	S _{ki}	-0,06	50	7,44
Appuntimento	K _G	0,90	75	8,79
			84	9,47
			95	10,50

	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	0,3	0,4
	3	125	0,5	0,9
	4	62,5	2,1	3,0
LIMO	5	31,2	12,5	15,5
	6	15,6	10,4	25,9
	7	7,8	15,6	41,4
	8	3,9	19,4	60,8
ARGILLA	9	2	17,9	78,7
	10	0,98	11,3	90,0
	<10	<0,98	10,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	3,0	57,8	39,2

NOTE
2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione C5 (30 m SSE)

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

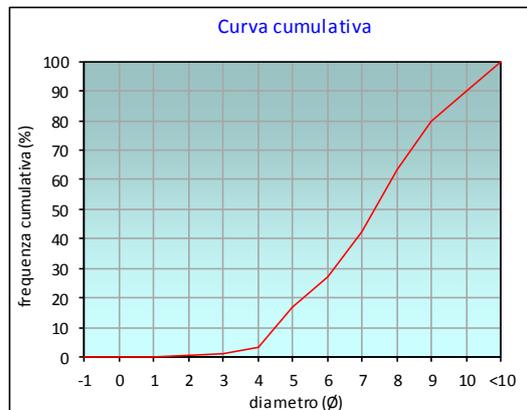
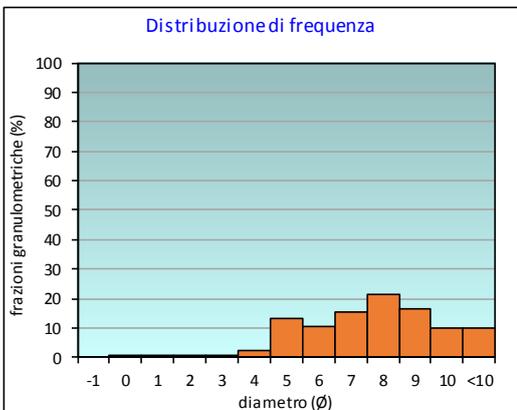
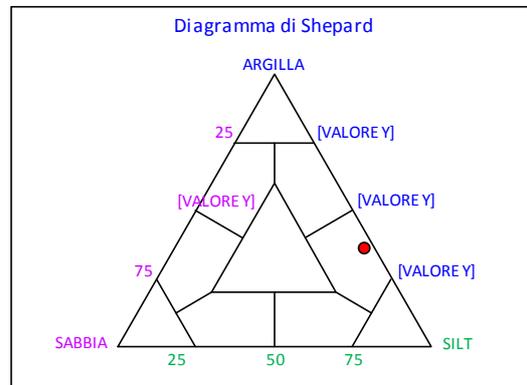
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,24	5	4,14
Mediana	M _d	7,36	16	4,96
Classazione	σ	2,07	25	5,81
Asimmetria	S _{ki}	-0,05	50	7,36
Appuntimento	K _G	0,90	75	8,70
			84	9,40
			95	10,49

	Ø	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	0,2	0,4
	3	125	0,6	1,0
	4	62,5	2,1	3,1
LIMO	5	31,2	13,5	16,6
	6	15,6	10,4	27,0
	7	7,8	15,3	42,3
	8	3,9	21,2	63,5
ARGILLA	9	2	16,5	79,9
	10	0,98	10,2	90,1
	<10	<0,98	9,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	3,1	60,4	36,5

NOTE
2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione C6 (60 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	54,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	7,50	5	4,15
Mediana	M _d	7,61	16	5,06
Classazione	σ	2,17	25	5,99
Asimmetria	S _{ki}	-0,07	50	7,61
Appuntimento	K _G	0,87	75	9,05
			84	9,82
			95	10,64

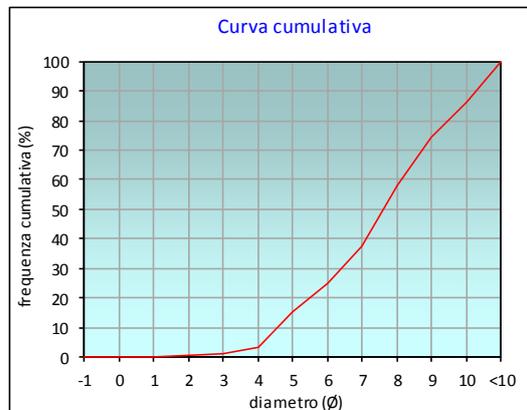
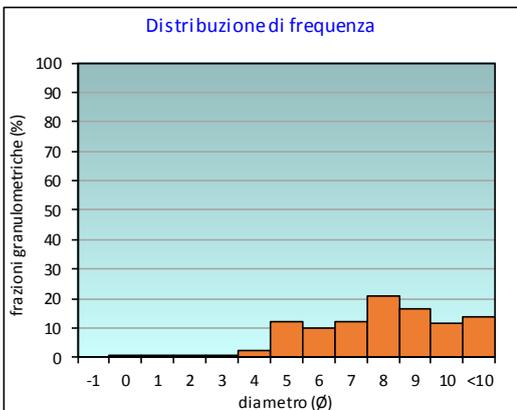
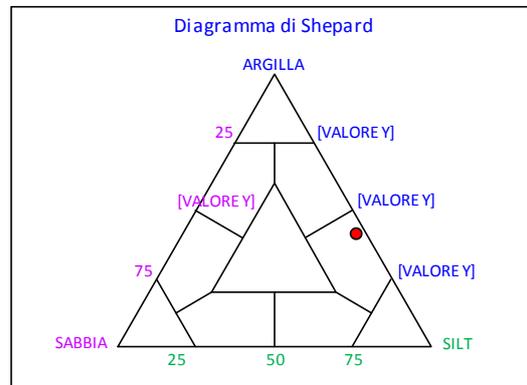
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,2	0,4
	3	125	0,6	1,0
	4	62,5	2,2	3,2
LIMO	5	31,2	12,2	15,4
	6	15,6	9,7	25,1
	7	7,8	12,3	37,4
	8	3,9	20,6	58,0
ARGILLA	9	2	16,5	74,4
	10	0,98	11,7	86,1
	<10	<0,98	13,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	3,2	54,7	42,0

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati 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 (%)		52,1
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,45
Mediana	M _d	7,58
Classazione	σ	2,15
Asimmetria	S _{ki}	-0,07
Appuntimento	K _G	0,86

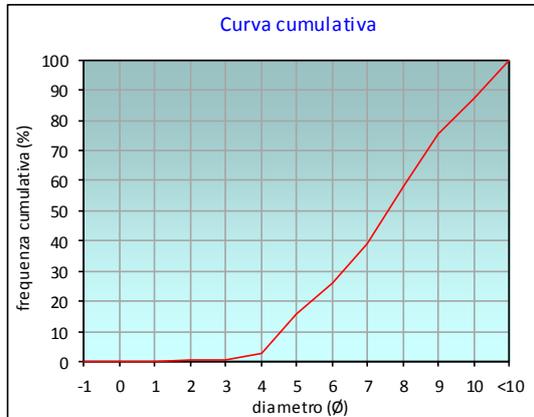
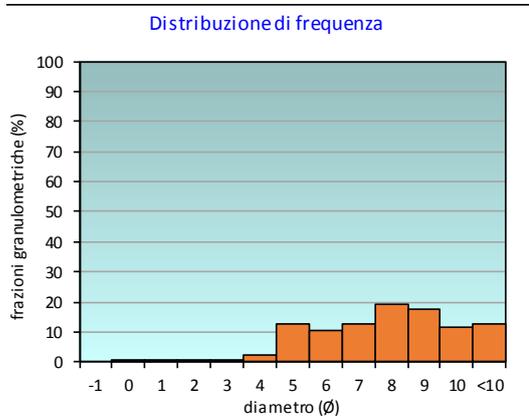
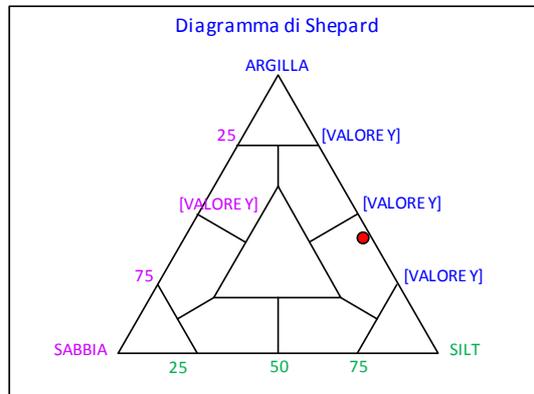
PERCENTILE	φ
5	4,17
16	5,04
25	5,89
50	7,58
75	8,98
84	9,73
95	10,61

	φ	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	0,2	0,3
	3	125	0,5	0,8
	4	62,5	2,0	2,8
LIMO	5	31,2	12,8	15,6
	6	15,6	10,5	26,1
	7	7,8	12,9	39,0
	8	3,9	19,1	58,1
ARGILLA	9	2	17,3	75,4
	10	0,98	11,8	87,2
	<10	<0,98	12,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	2,8	55,3	41,9

NOTE
2000μm resti conchiliari; 1000, 500 e 250μm resti carbonatici organogeni; 125μm circa 65% resti carbonati 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 (%)	45,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

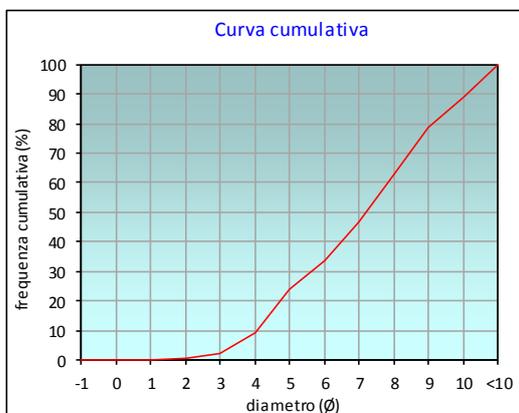
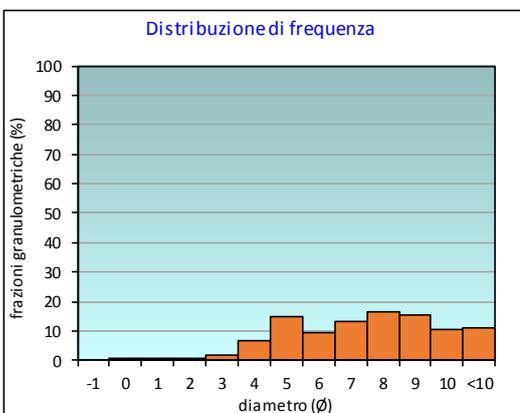
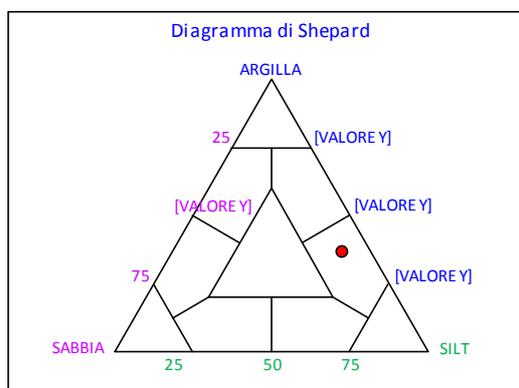
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,06	5	3,39
Mediana	M _d	7,20	16	4,46
Classazione	σ	2,35	25	5,10
Asimmetria	S _{ki}	-0,07	50	7,20
Appuntimento	K _G	0,80	75	8,78
			84	9,53
			95	10,54

	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	0,5	0,7
	3	125	1,7	2,4
	4	62,5	6,7	9,1
LIMO	5	31,2	15,0	24,1
	6	15,6	9,4	33,5
	7	7,8	13,2	46,7
	8	3,9	16,5	63,2
ARGILLA	9	2	15,2	78,4
	10	0,98	10,6	89,0
	<10	<0,98	11,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,1	54,1	36,8

NOTE
2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati 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 (%)	51,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

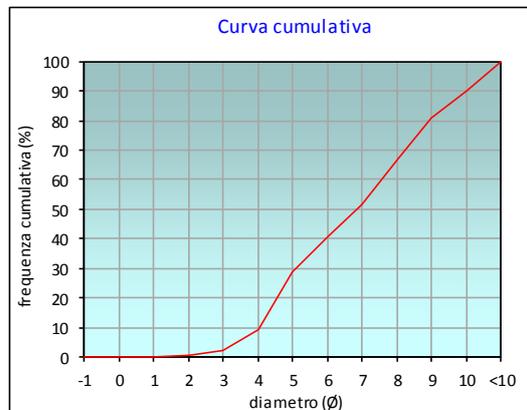
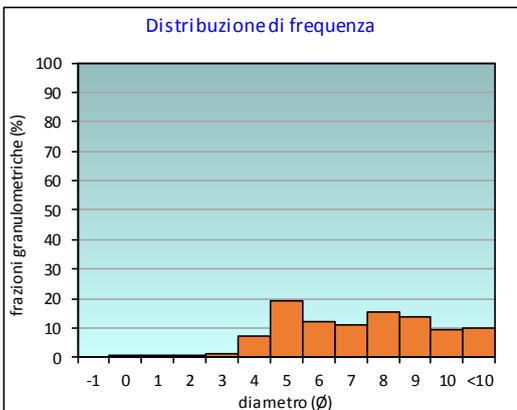
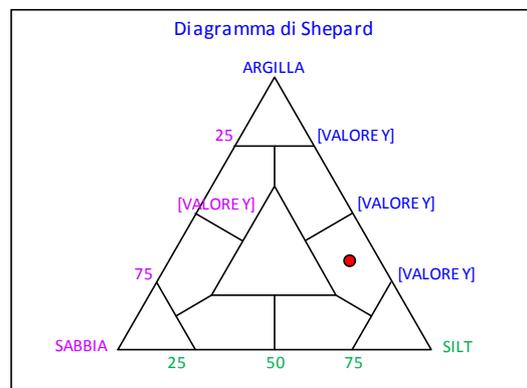
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,84	5	3,39
Mediana	M _d	6,84	16	4,34
Classazione	σ	2,33	25	4,80
Asimmetria	S _{ki}	0,02	50	6,84
Appuntimento	K _G	0,77	75	8,58
			84	9,34
			95	10,50

	Ø	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	2,1
	4	62,5	7,3	9,4
LIMO	5	31,2	19,4	28,8
	6	15,6	12,0	40,8
	7	7,8	11,0	51,8
	8	3,9	15,1	66,9
ARGILLA	9	2	13,9	80,9
	10	0,98	9,2	90,0
	<10	<0,98	10,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,4	57,5	33,1

NOTE
2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati 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 (%)	47,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

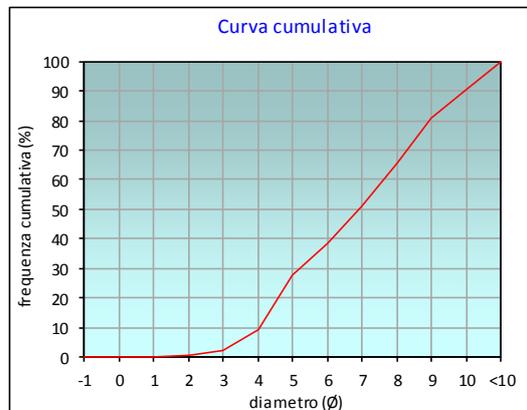
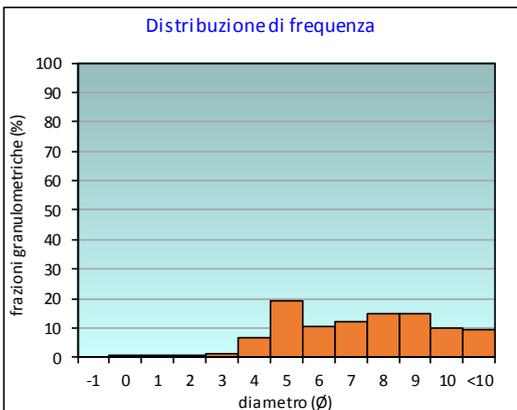
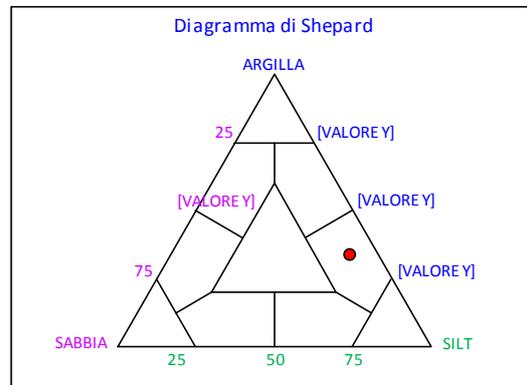
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,88	5	3,41
Mediana	M _d	6,93	16	4,37
Classazione	σ	2,31	25	4,85
Asimmetria	S _{ki}	-0,01	50	6,93
Appuntimento	K _G	0,76	75	8,62
			84	9,33
			95	10,47

	Ø	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	0,5	0,7
	3	125	1,5	2,2
	4	62,5	6,8	9,0
LIMO	5	31,2	18,9	27,9
	6	15,6	10,7	38,6
	7	7,8	12,3	50,9
	8	3,9	14,7	65,6
ARGILLA	9	2	15,1	80,6
	10	0,98	10,0	90,7
	<10	<0,98	9,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,0	56,6	34,4

NOTE
2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati 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 (%)	50,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,25	5	3,53
Mediana	M _d	7,39	16	4,69
Classazione	σ	2,31	25	5,56
Asimmetria	S _{ki}	-0,09	50	7,39
Appuntimento	K _G	0,86	75	8,91
			84	9,67
			95	10,59

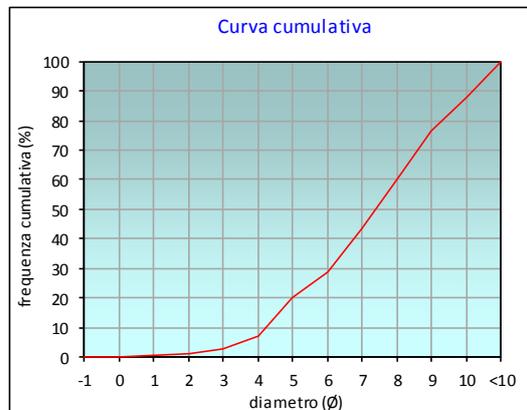
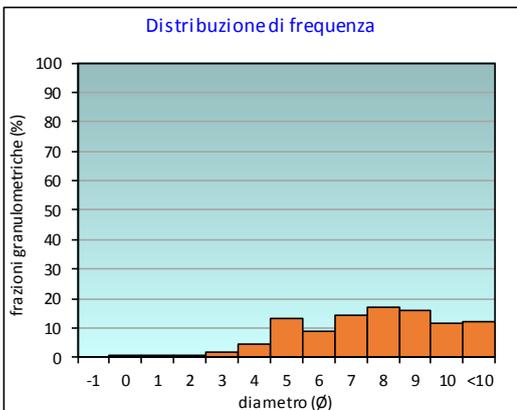
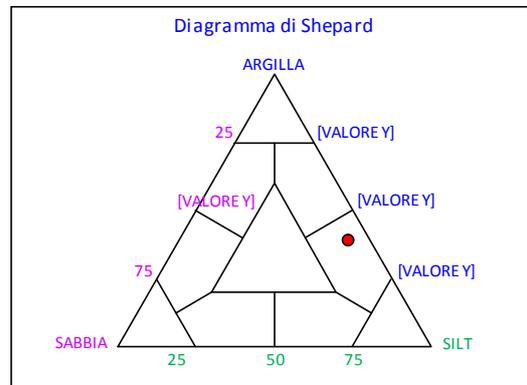
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,3	0,4
	2	250	0,6	1,0
	3	125	1,7	2,7
	4	62,5	4,4	7,0
LIMO	5	31,2	13,0	20,0
	6	15,6	8,9	28,9
	7	7,8	14,5	43,4
	8	3,9	16,9	60,3
ARGILLA	9	2	16,2	76,5
	10	0,98	11,3	87,8
	<10	<0,98	12,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,0	53,2	39,7

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati 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 (%)	49,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		ϕ
Media	M_i	7,05	5	3,55	
Mediana	M_d	7,01	16	4,54	
Classazione	σ	2,33	25	5,12	
Asimmetria	S_{ki}	0,02	50	7,01	
Appuntimento	K_G	0,80	75	8,74	
			84	9,58	
			95	10,58	

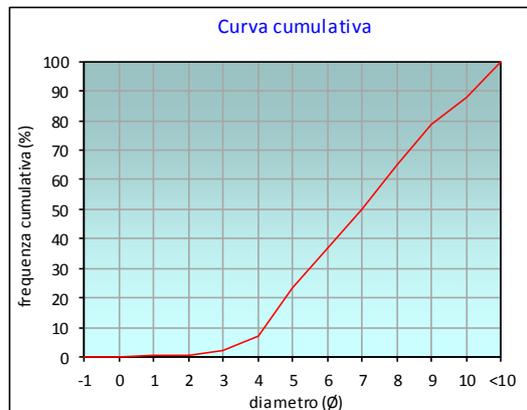
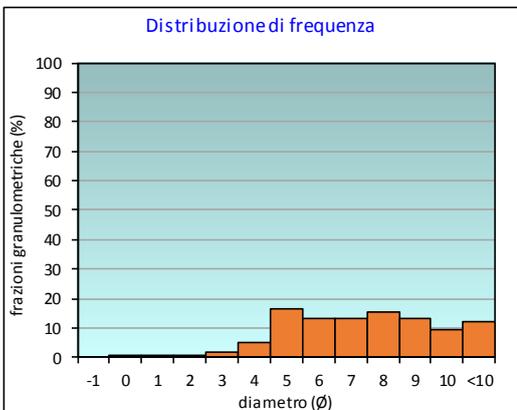
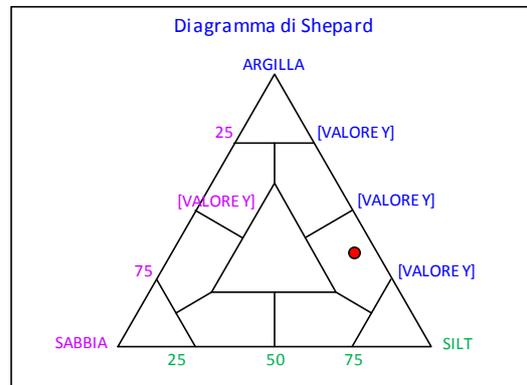
	ϕ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,5	0,8
	3	125	1,6	2,4
	4	62,5	4,8	7,1
LIMO	5	31,2	16,3	23,5
	6	15,6	13,2	36,7
	7	7,8	13,2	49,8
	8	3,9	15,5	65,3
ARGILLA	9	2	13,1	78,4
	10	0,98	9,6	88,0
	<10	<0,98	12,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,1	58,2	34,7

NOTE

2000 μm resti conchiliari; 1000, 500 e 250 μm resti carbonatici organogeni; 125 μm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione D3 (30 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,91	5	3,73
Mediana	M _d	6,90	16	4,56
Classazione	σ	2,20	25	5,11
Asimmetria	S _{ki}	0,03	50	6,90
Appuntimento	K _G	0,82	75	8,49
			84	9,27
			95	10,49

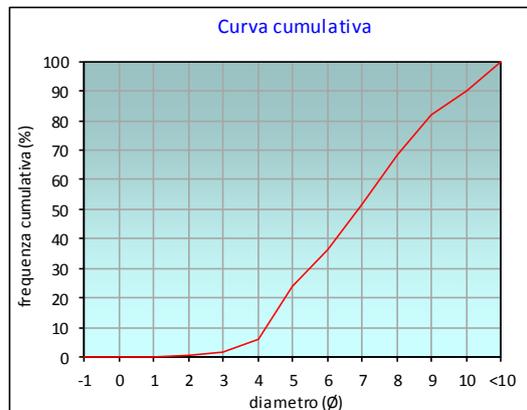
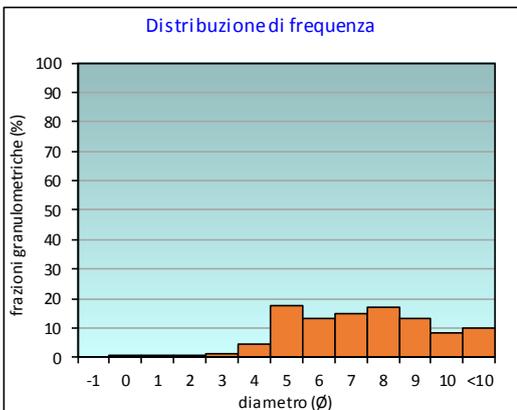
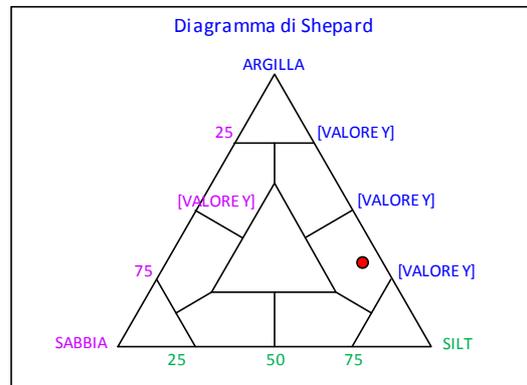
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,4	0,6
	3	125	1,3	1,9
	4	62,5	4,3	6,2
LIMO	5	31,2	17,4	23,6
	6	15,6	13,0	36,6
	7	7,8	14,8	51,4
	8	3,9	17,1	68,5
ARGILLA	9	2	13,2	81,7
	10	0,98	8,5	90,2
	<10	<0,98	9,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,2	62,4	31,5

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione D4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,75	5	3,76
Mediana	M _d	6,84	16	4,55
Classazione	σ	2,07	25	5,08
Asimmetria	S _{ki}	0,00	50	6,84
Appuntimento	K _G	0,88	75	8,12
			84	8,84
			95	10,32

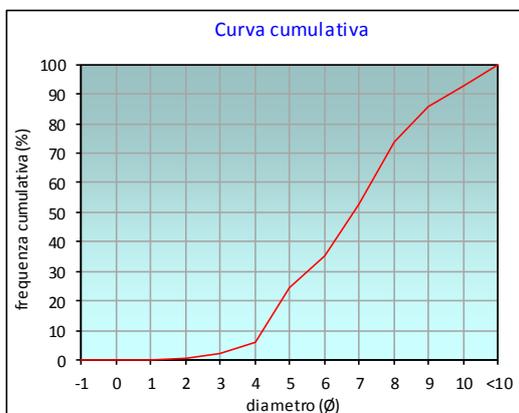
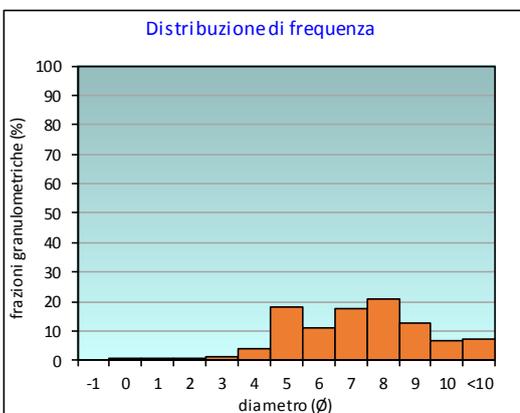
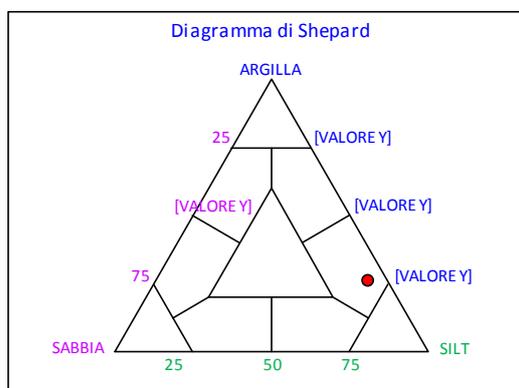
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,3	0,6
	3	125	1,4	1,9
	4	62,5	4,1	6,0
LIMO	5	31,2	18,2	24,2
	6	15,6	11,1	35,2
	7	7,8	17,5	52,7
	8	3,9	20,8	73,6
ARGILLA	9	2	12,4	86,0
	10	0,98	6,7	92,7
	<10	<0,98	7,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,0	67,6	26,4

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione D5 (30 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	46,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,88	5	3,75
Mediana	M _d	7,10	16	4,58
Classazione	σ	2,07	25	5,17
Asimmetria	S _{ki}	-0,10	50	7,10
Appuntimento	K _G	0,81	75	8,42
			84	8,94
			95	10,20

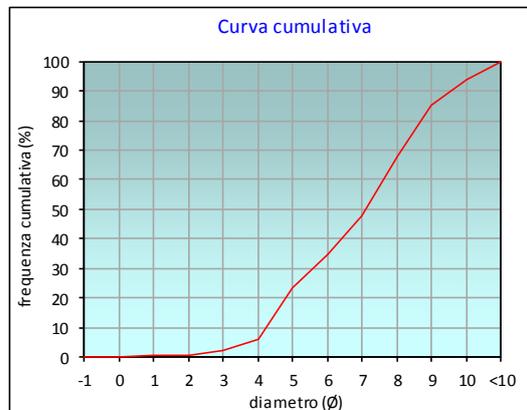
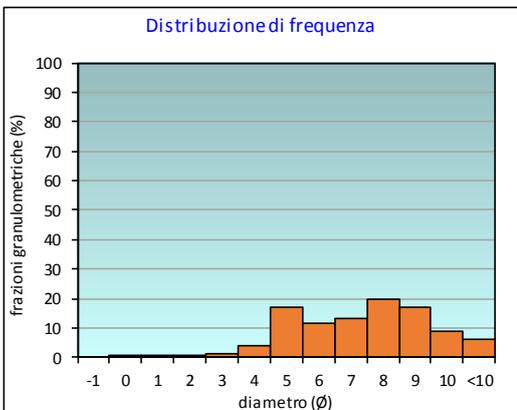
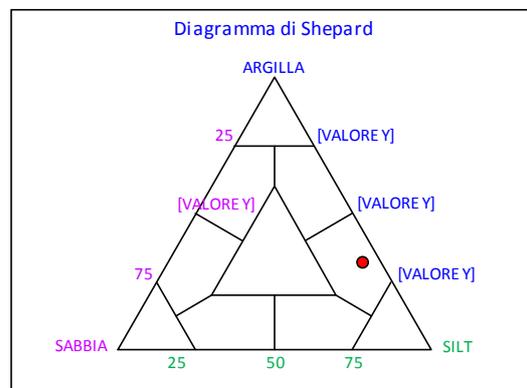
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,4	0,7
	3	125	1,2	2,0
	4	62,5	4,1	6,0
LIMO	5	31,2	17,1	23,1
	6	15,6	11,5	34,6
	7	7,8	13,3	47,9
	8	3,9	19,9	67,8
ARGILLA	9	2	17,2	85,1
	10	0,98	8,7	93,7
	<10	<0,98	6,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,0	61,8	32,2

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione D6 (60 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	7,00	5	3,90
Mediana	M _d	7,03	16	4,66
Classazione	σ	2,16	25	5,26
Asimmetria	S _{ki}	0,01	50	7,03
Appuntimento	K _G	0,83	75	8,52
			84	9,29
			95	10,50

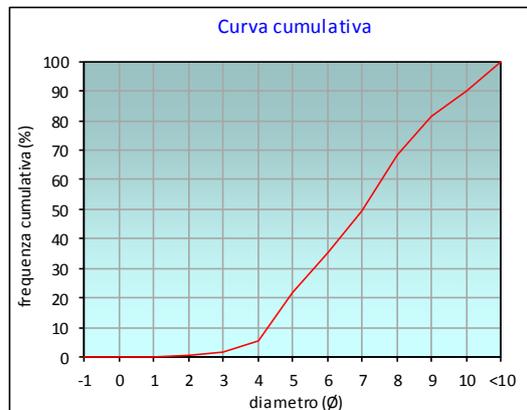
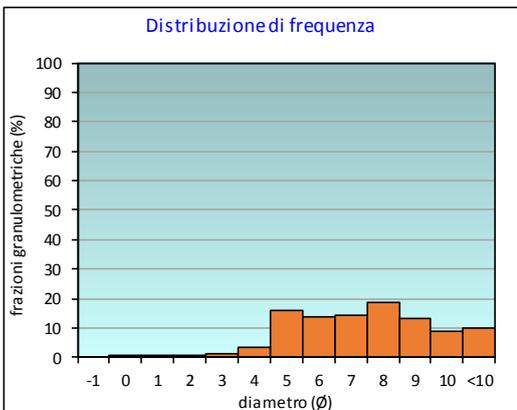
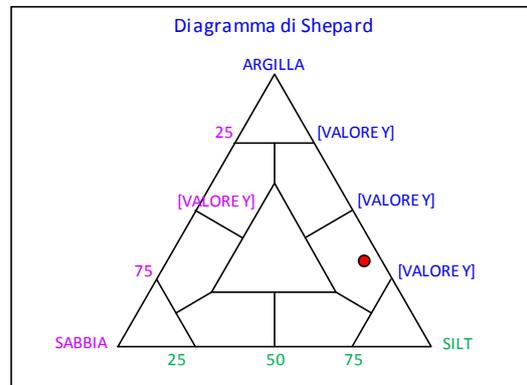
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,3	0,5
	3	125	1,2	1,8
	4	62,5	3,6	5,4
LIMO	5	31,2	16,1	21,4
	6	15,6	13,8	35,3
	7	7,8	14,1	49,4
	8	3,9	18,7	68,1
ARGILLA	9	2	13,4	81,5
	10	0,98	8,6	90,1
	<10	<0,98	9,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	5,4	62,7	31,9

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione D7 (100 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,25	5	3,73
Mediana	M _d	7,42	16	4,88
Classazione	σ	2,18	25	5,65
Asimmetria	S _{ki}	-0,10	50	7,42
Appuntimento	K _G	0,91	75	8,72
			84	9,46
			95	10,54

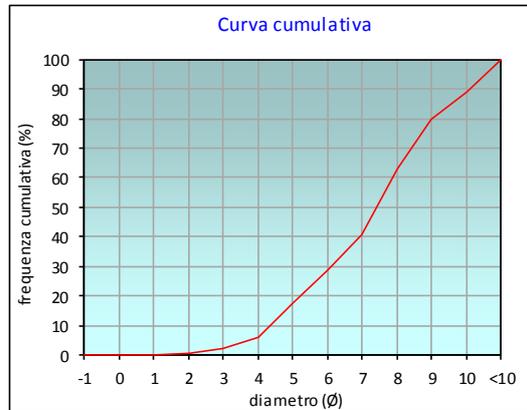
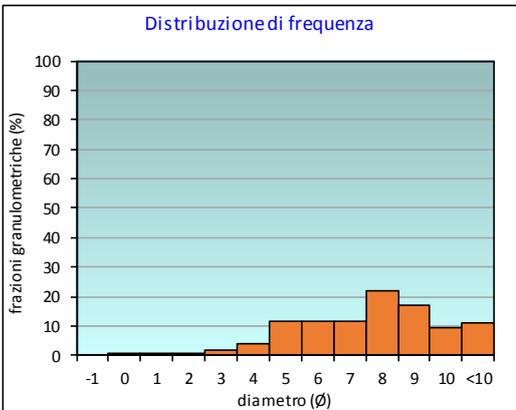
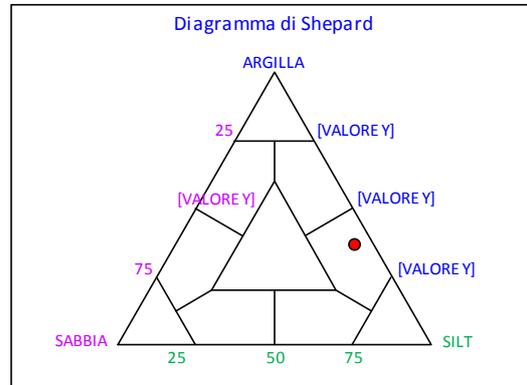
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,4	0,7
	3	125	1,5	2,3
	4	62,5	3,7	6,0
LIMO	5	31,2	11,4	17,4
	6	15,6	11,6	29,0
	7	7,8	11,8	40,8
	8	3,9	22,1	62,9
ARGILLA	9	2	16,8	79,7
	10	0,98	9,5	89,2
	<10	<0,98	10,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,0	56,9	37,1

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione K8

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	43,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

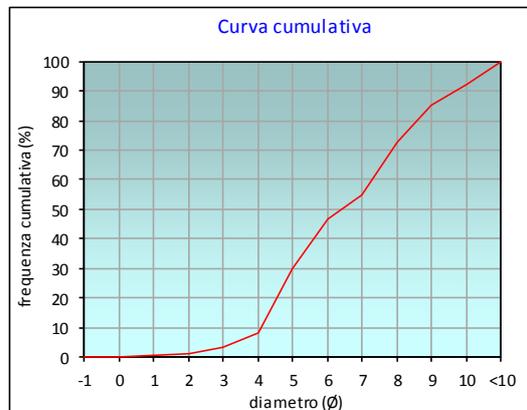
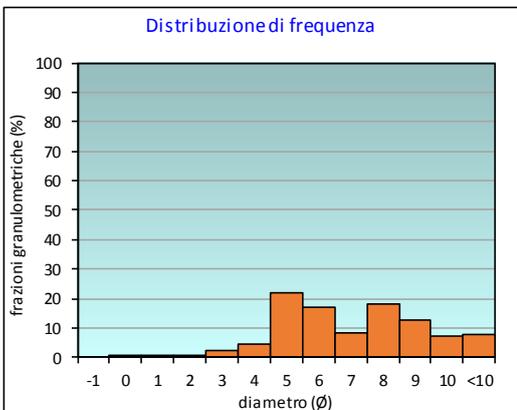
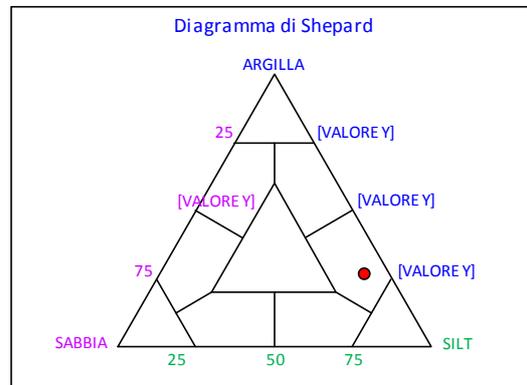
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,56	5	3,38
Mediana	M _d	6,43	16	4,37
Classazione	σ	2,18	25	4,79
Asimmetria	S _{ki}	0,11	50	6,43
Appuntimento	K _G	0,85	75	8,16
			84	8,89
			95	10,34

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,3	0,4
	2	250	0,6	1,0
	3	125	2,3	3,2
	4	62,5	4,7	7,9
LIMO	5	31,2	21,7	29,6
	6	15,6	17,0	46,5
	7	7,8	8,1	54,6
	8	3,9	18,4	72,9
ARGILLA	9	2	12,4	85,4
	10	0,98	7,0	92,4
	<10	<0,98	7,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,9	65,0	27,1

NOTE
2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione K9

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

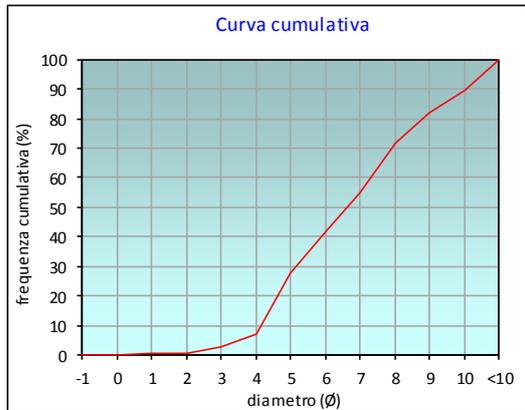
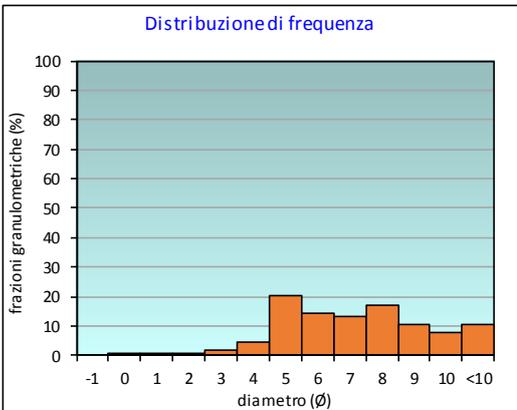
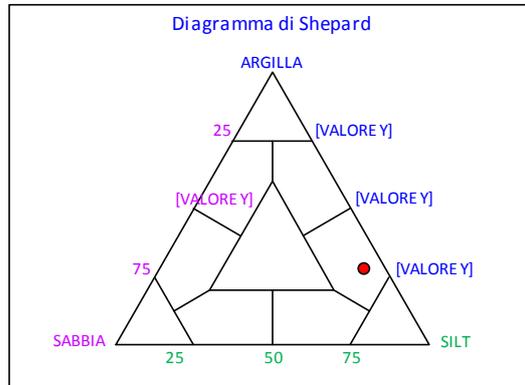
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,78	5	3,55
Mediana	M _d	6,65	16	4,44
Classazione	σ	2,26	25	4,88
Asimmetria	S _{ki}	0,10	50	6,65
Appuntimento	K _G	0,83	75	8,32
			84	9,25
			95	10,52

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,1	0,3
	2	250	0,3	0,6
	3	125	2,0	2,6
	4	62,5	4,4	7,0
LIMO	5	31,2	20,4	27,4
	6	15,6	14,2	41,6
	7	7,8	13,0	54,6
	8	3,9	17,1	71,7
ARGILLA	9	2	10,4	82,1
	10	0,98	7,5	89,6
	<10	<0,98	10,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,0	64,7	28,3

NOTE
2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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



Stazione K10

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	6,61	5	3,65
Mediana	M _d	6,75	16	4,40
Classazione	σ	2,08	25	4,78
Asimmetria	S _{ki}	-0,01	50	6,75
Appuntimento	K _G	0,87	75	7,93
			84	8,69
			95	10,31

	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	1,5	2,0
	4	62,5	4,6	6,6
LIMO	5	31,2	23,5	30,1
	6	15,6	11,0	41,1
	7	7,8	12,0	53,0
	8	3,9	23,8	76,8
ARGILLA	9	2	10,5	87,3
	10	0,98	5,5	92,7
	<10	<0,98	7,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,6	70,2	23,2

NOTE

2000µm resti conchiliari; 1000, 500 e 250µm resti carbonatici organogeni; 125µm circa 65% resti carbonati organogeni.

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

