

**ENI S.p.A. - UPSTREAM
DICS**

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO ANNAMARIA B**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA
DALL'INSTALLAZIONE DEL SEA-LINE
ANNAMARIA B - BRENDA**

**V SURVEY DOPO I LAVORI DI INSTALLAZIONE
(I SEMESTRE 2012)**

OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – ISMAR SEDE DI ANCONA

RESPONSABILE SCIENTIFICO:
GIANNA FABI

RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
ANNA MARIA DE BIASI
CRISTINA NASCI
ALESSANDRA SPAGNOLO

ANCONA, 2015

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. MATERIALI E METODI	3
2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE	3
2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA	3
2.1.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI.....	5
2.1.3. AVVISTAMENTI DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE	6
2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	6
2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	6
2.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	9
2.2.2.1 <i>Dunaliella tertiolecta</i>	9
2.2.2.2 <i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®)	10
2.2.2.3 <i>Corophium orientale</i>	12
2.2.2.4 <i>Acartia tonsa</i>	13
2.2.2.5 <i>Crassostrea gigas</i>	14
2.2.2.6 <i>Hediste diversicolor</i>	16
2.1.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	20
3. RISULTATI	24
3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	24
3.1.1. GRANULOMETRIA	24
3.1.2. IPA	27
3.1.3. METALLI PESANTI	29
3.1.4. SOSTANZA ORGANICA	34
3.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	37
3.2.1. <i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	37
3.2.2. <i>VIBRIO FISCHERI</i>	37
3.2.3. <i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	38
3.2.4. <i>ACARTIA TONSA</i>	39
3.2.5. <i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	40
3.2.6. <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	40
3.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	43
3.3.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)	43
3.3.2. AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE	53
3.3.3. DOMINANZA	55
3.3.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)	56
3.3.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M)	57
3.3.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H').....	58
3.3.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)	59
3.3.8. VALUTAZIONE DELLO STATO DI STRESS DELLE COMUNITÀ	60
3.3.8.1 Indice W di Clarke.....	60
3.3.8.2 Indice AMBI.....	60

3.3.8.3	Indice BENTIX	61
3.3.8.4	Stato ecologico	66
3.4.	AVVISTAMENTI DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE.....	69
4.	CONCLUSIONI	70
5.	BIBLIOGRAFIA	74
ALLEGATO A	Schede tecniche della strumentazione utilizzata nelle indagini	I
	- ALL. A1 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	II
	- ALL. A2 I Indagini sulla comunità bentonica.....	VII
ALLEGATO B	Schede granulometriche - Inverno 2011.....	X

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Il presente programma è stato svolto in collaborazione con il Consorzio Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata (CIBM) di Livorno e con Thetys di Venezia.

Responsabile Scientifico G. Fabi CNR - ISMAR Ancona

Analisi dei sedimenti ed
ecotossicologia

S. De Ranieri CIBM Livorno
N. Bigongiari CIBM Livorno
A.M. De Biasi CIBM Livorno
S. Dell'Ira CIBM Livorno
L. Kozinkova CIBM Livorno
L. Pacciardi CIBM Livorno
M. Pertusati CIBM Livorno
S. Polese CIBM Livorno
O. Spinelli CIBM Livorno
C. Nasci Thetis Venezia
M. Bergamin Thetis Venezia
R. Lo Re Thetis Venezia
F. Perin Thetis Venezia
M. Picone Thetis Venezia

Comunità bentonica

A. Spagnolo CNR - ISMAR Ancona
L. Bolognini CNR - ISMAR Ancona
C. Cuicchi CNR - ISMAR Ancona
P. Polidori CNR - ISMAR Ancona
E. Punzo CNR - ISMAR Ancona
A. Santelli CNR - ISMAR Ancona
P. Strafella CNR - ISMAR Ancona

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

1. INTRODUZIONE

In riferimento al GAB-DEC-2008-0000271 del 12/12/2008 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR Sede 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 Annamaria B e delle condotte sottomarine colleganti le piattaforme Annamaria B – Annamaria A e Annamaria B - Brenda.

La piattaforma Annamaria B è ubicata a circa 60 km al largo di Pesaro alla profondità di circa 60 m, nella zona delle sabbie relitte del largo. Il sea-line collegante Annamaria B con la piattaforma Annamaria A si estende per circa 5 km in direzione SSE-NNW sullo stesso tipo di fondale della piattaforma Annamaria B, mentre il sea-line collegante Annamaria B alla piattaforma Brenda ha una lunghezza di circa 41 km, con direzione NNE-SSW ed è posto anch'esso per quasi tutta la sua estensione su sabbie relitte del largo, passando ai fanghi terrigeni costieri in prossimità di Brenda. L'area in cui è installata Annamaria B è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla midline, ovvero la linea mediana che divide in due longitudinalmente l'Adriatico, non è influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale del bacino (diretta verso Nord lungo il versante croato e verso Sud lungo 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. Inoltre, gli strati più superficiali della colonna d'acqua (10-20 m) possono essere interessati da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti.

Sulla base di tali considerazioni e dell'esperienza maturata dal CNR-ISMAR di Ancona in monitoraggi analoghi riguardanti condotte sottomarine colleganti piattaforme di estrazione offshore (Fabi *et al.*, 2001; 2005; 2010a; 2010b; 2010c; 2013a; 2015), al fine di valutare gli effetti determinati dalla posa in opera dei due sea-line Annamaria A - Annamaria B e Annamaria B – Brenda si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante i sea-line;

2. caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti circostanti i sea-line;
3. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti i sea-line;
4. rilevamento del passaggio di cetacei e tartarughe marine nei pressi delle condotte.

Sulla base della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI Divisione E&P, nel programma di monitoraggio sono stati previsti i seguenti survey (Tab. 1-I):

- due survey precedenti la posa in opera dei sea-line (pre-survey);
- sei survey, da svolgersi durante le stagioni invernali ed estive nei tre anni di indagini successivi alla loro installazione.

Considerata la durata relativamente breve dei lavori di posa delle condotte sottomarine non è stato previsto alcun survey durante questa fase.

Non è stato possibile condurre il secondo pre-survey sulle aree destinate ad accogliere i sea-line previsto nell'estate 2009 poiché in quella stagione è avvenuta la posa delle condotte. Di conseguenza, i monitoraggi da effettuare dopo la fine dei lavori di posa in opera delle due condotte sottomarine sono iniziati nell'inverno 2010 (e non nell'estate 2010 come previsto inizialmente) e sono terminati nell'estate 2012 anziché nell'inverno 2013 (Tab. 1-I).

Nel presente rapporto sono descritti i risultati conseguiti nel corso del quinto survey effettuato sul sea-line Annamaria B - Brenda dopo l'installazione della condotta (inverno 2012), brevemente confrontati con quelli ottenuti precedentemente (Fabi *et al.*, 2013b).

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale. In base della tempistica dei lavori di installazione delle condotte sottomarine sono state apportate alcune modifiche rispetto al cronoprogramma riportato nella Specifica Tecnica. In particolare, in celeste sono indicati i survey che non sono stati effettuati (estate 2009) o che non verranno effettuati (inverno 2013). **x** = survey già eseguiti.

	Survey precedenti i lavori di installazione		Survey dopo i lavori di installazione						
	Inv '09	Est '09	Inv '10	Est '10	Inv '11	Est '11	Inv '12	Est '12	Inv '13
Sea-line Annamaria B – Annamaria A	x		x	x	x	x	x	x	
Sea-line Annamaria B - Brenda	x		x	x	x	x	x	x	

2. MATERIALI E METODI

Il sea-line Annamaria B - Brenda ha una lunghezza di circa 41 km, con direzione NNE-SSW, ed è posto per quasi tutta la sua estensione su sabbie relitte del largo, passando ai fanghi terrigeni costieri in prossimità di Brenda (fig. 2.1).

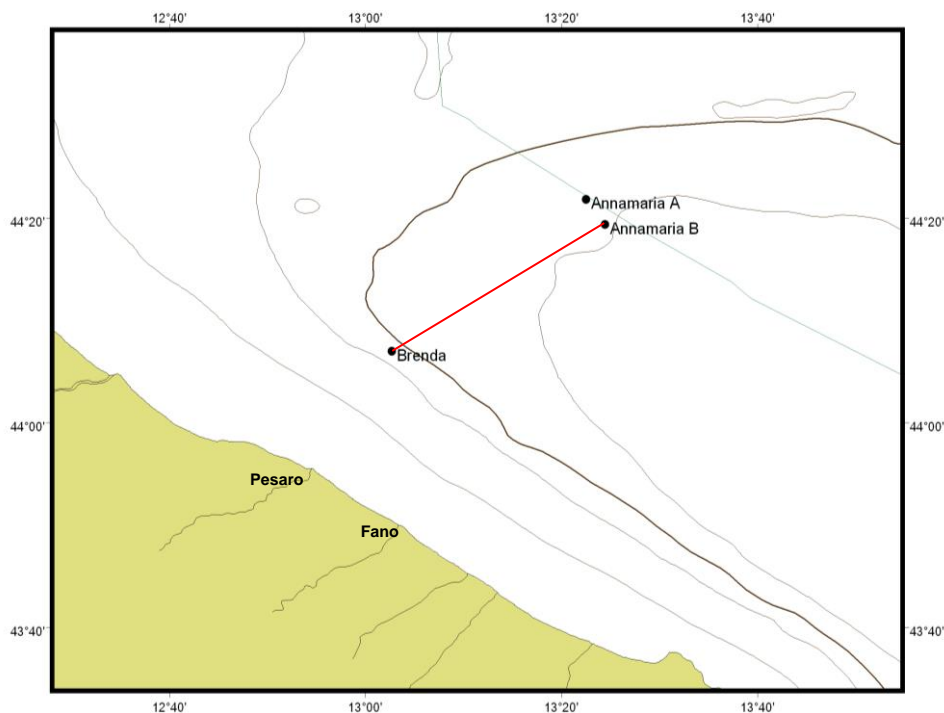


Fig. 2.1 – Ubicazione del sea-line Annamaria B - Brenda (in rosso).

2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1 INDAGINI CHIMICHE E FISICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Nel monitoraggio condotto nell'inverno 2012 è stato adottato lo stesso schema di campionamento utilizzato nei due anni precedenti (2010 e 2011), ovvero a partire dalla fase di esercizio della condotta sottomarina (fig. 2.2). In particolare, sono stati tracciati due transetti perpendicolari al sea-line in direzione NNW-SSE denominati transetto "D" (posto a circa 14 km da Annamaria B) e transetto "E" (posto a circa 14 km da Brenda). Lungo ciascun transetto sono state posizionate n. 7 stazioni di campionamento a 100 m, 60 m, 30 m 0 m, 30 m, 60 m e 100 m di distanza dalla condotta stessa. Sono state inoltre scelte tre stazioni di controllo per ciascun transetto poste in direzione NNW rispetto ai transetti stessi a circa 1000 m di distanza dal sea-line e a circa 500 m l'una dall'altra. I controlli relativi al transetto D sono stati nominati K8, K9 (corrispondente a SL1K1 del pre-survey) e K10;

quelli relativi al transetto E sono stati nominati K11, K12 (corrispondente a SL2K1 del pre-survey) e K13.

In Tab. 2-I sono riportate le coordinate geografiche di tutti i siti campionati nell'inverno 2012.

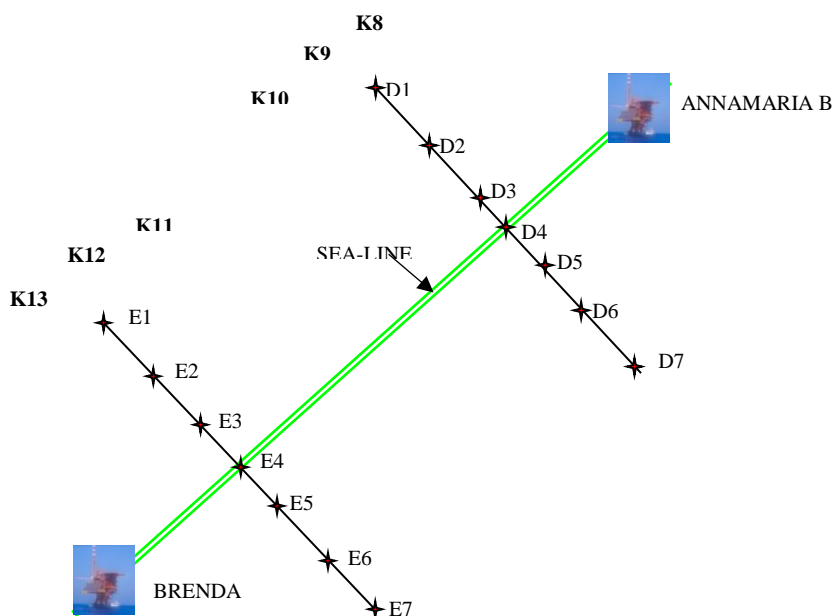


Fig. 2.2 - Schema delle stazioni di campionamento utilizzate nell'inverno 2011. Non in scala.

Tab. 2-I - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nell'inverno 2012 per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento corrispondenti alla condotta sottomarina. Tra parentesi è riportata la nomenclatura adottata nella fase di pre-survey.

	Distanza dal sea-line (m)	Posizione rispetto al sea-line	Coordinate	Profondità (m)
D1	100	NNW	44°15'19'',44N 13°17'06'',36E	57,4
D2	60	NNW	44°15'18'',60N 13°17'07'',74E	57,2
C3	30	NNW	44°15'17'',70N 13°17'08'',82E	57,1
D4 (SL1)	0	-	44°15'15'',54N 13°17'07'',20E	57,1
D5	30	SSE	44°15'13'',92N 13°17'06'',54E	57,1
D6	60	SSE	44°15'13'',14N 13°17'06'',48E	57,1
D7	100	SSE	44°15'12'',24N 13°17'08'',64E	57,1
K8	1000	NNW	44°15'48'',96N 13°16'57'',90E	56,4
K9 (SL1K1)	1000	NNW	44°15'38'',22N 13°16'42'',96E	56,4
K10	1000	NNW	44°15'29'',10N 13°16'21'',96E	56,4
E1	100	NNW	44°11'12'',12N 13°09'50'',88E	53,8
E2	60	NNW	44°11'10'',86N 13°09'51'',90E	53,8
E3	30	NNW	44°11'09'',60N 13°09'52'',14E	53,8
E4 (SL2)	0	-	44°11'09'',30N 13°09'52'',80E	53,8
E5	30	SSE	44°11'07'',62N 13°09'52'',32E	54,0
E6	60	SSE	44°11'06'',96N 13°09'53'',40E	53,9
E7	100	SSE	44°11'06'',24N 13°09'54'',72E	53,9
K11	1000	NNW	44°11'41'',94N 13°09'41'',88E	53,6
K12 (SL2K1)	1000	NNW	44°11'32'',10N 13°09'26'',52E	53,6
K13	1000	NNW	44°11'20'',94N 13°09'10'',62E	53,5

Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti - Tutte le stazioni sono state campionate mediante box-corer (fig. 2.3; All. A1-I).

Dal campione, dopo la descrizione degli aspetti macroscopici, è stata prelevata la porzione superficiale (0-2 cm). L'ulteriore campione così ottenuto è stato successivamente omogeneizzato e suddiviso in 3 aliquote per le seguenti analisi:

- analisi granulometriche;
- metalli in tracce;
- sostanze organiche.

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. 2.3 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti (in primo piano) e recupero della benna Van Veen utilizzata per lo studio della comunità bentonica.

Indagini sulla comunità bentonica - Tutte le stazioni sono state campionate mediante una benna di tipo Van Veen avente capacità di 12 lt e apertura di $0,095\text{ m}^2$ (fig. 2.3; All. A2-I). Presso ogni stazione sono state effettuate 6 repliche. I campioni sono stati lavati e setacciati con maglia da 0,5 mm (All. A3-II) e fissati in formalina diluita in acqua di mare al 5%.

2.1.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

Analogamente ai monitoraggi condotti nel 2010 e nel 2011, anche nell'inverno 2012 presso le stazioni D4, E4, D6, E6, K9 e K12 sono stati prelevati mediante benna Van-Veen anche campioni di sedimento per lo svolgimento dei seguenti saggi biologici:

- *Dunaliella tertiolecta* (accrescimento);

- *Vibrio fischeri* (variazione della bioluminescenza);
- *Corophium orientale* (mortalità a 10 gg);
- *Acartia tonsa* (sviluppo larvale);
- *Crassostrea gigas* (embriotossicità);
- *Hediste diversicolor* (prove di bioaccumulo per Alluminio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco).

Dal campione di sedimento è stata prelevata solo la porzione superficiale (5-10 cm) eliminando lo strato 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.

2.1.3. AVVISTAMENTI DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE

Al fine di rilevare la presenza di cetacei e tartarughe marine nell'area interessata dalla presenza del sea-line Annamaria B – Brenda, nel periodo gennaio - giugno 2012 sono stati condotti censimenti visivi sia nel corso del campionamento dei sedimenti e della comunità bentonica, sia durante survey ad hoc per un totale di 18 rilevamenti.

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 a indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni, utilizzando 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.

Idrocarburi Policiclici Aromatici - Per la determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) 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 e quello della metodica corrispondono rispettivamente a 0,05 μ g di solvente e 0,002 mg kg⁻¹ di campione s.s.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come contaminanti di interesse prioritario, espressi in mg kg⁻¹ di sostanza secca: Naftene, Ace-naftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Di-Benzo(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.

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg kg⁻¹ di sostanza secca: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, rame, vanadio e zinco.

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.

Per la determinazione del **mercurio** è stato seguito il metodo EPA 7473 (2007a) sul campione tal quale previa essiccazione in stufa a 40°C fino a peso costante (circa 48 h). Il particolare procedimento di decomposizione porta alla riduzione chimica del mercurio, alla sua successiva preconcentrazione su un amalgama d'oro e, infine, alla sua analisi quantitativa in assorbimento atomico (DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio; All. A1-VII). Le determinazioni di **cadmio, arsenico e piombo** sono state effettuate mediante spettroscopia di assorbimento atomico in fornetto di grafite (Varian SpectrAA-240Z. All. A1-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007b).

Le concentrazioni di **alluminio, bario, cromo, nichel, rame, vanadio e zinco** sono state determinate mediante spettrofotometria ad emissione atomica al plasma (Varian ICP-720ES; All.A1-IX) seguendo il metodo EPA6010C (2007c).

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).

I recuperi percentuali ottenuti rispetto ai valori certificati dei suddetti materiali sono riportati in Tab. 2-II.

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

I limiti di rilevabilità strumentale e della metodica per i metalli determinati, relativamente alla strumentazione impiegata, sono riportati in Tab 2-III.

Tab. 2-II - Recuperi percentuali ottenuti sui materiali certificati LGC 6137, tranne il mercurio per il quale è stato usato MESS-3.

Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
116	115	101	119	76	89	106	83	90	83	77

Tab. 2-III - Limiti di rilevabilità strumentali (D.L.) e della metodica (M.D.L.) dei metalli determinati.

Recupero %	Al	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn
D.L. ($\mu\text{g l}^{-1}$)	1,5	0,07	0,01	4	2	4,5	5,5	0,28	2	0,9
M.D.L. (mg kg^{-1})	0,10%	1,0	0,02	1,0	1,0	0,04	0,50	0,20	2,0	1,0

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 (48h a 40°C) che sono stati successivamente posti in muffola a 375°C fino a peso costante.

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-E1 (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 in 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 (concentrazione iniziale $2 \cdot 10^3$ cellule ml^{-1}), quindi 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 sono stati riportati come percentuale di inibizione della crescita algale e, qualora la tossicità del campione lo consentiva, in termini di EC_{50} o EC_{20} . L' EC_{50} e l' EC_{20} sono stati calcolati 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 ecotossicologico (eseguita secondo lo schema USEPA, 1991), i risultati del saggio sono stati 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 EC_{50} è stato confrontato con i dati della carta di controllo del laboratorio il cui intervallo è compreso tra 6,2 e 8,9 $mg\ l^{-1}$ come cromo; altri parametri che devono essere rispettati affinché il test sia considerato valido sono:

- 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});
- coefficiente di variazione nei controlli e nel campione tal quale (CV%): $\leq 15\%$.

2.2.2.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

Preparazione delle matrici - La fase solida è stata ottenuta per centrifugazione refrigerata (30' a 3.500 rpm a 4°C), con successiva riomogenizzazione.

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

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

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

Procedura adottata e lettura dei dati - I saggi biologici sulla fase solida sono stati completati entro 24 h dalla preparazione della matrice.

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

E' stato applicato il protocollo Solid Phase Test (SPT) con la procedura Large Sample Method (Azur Environmental, 1994), organizzato con 9-12 diluizioni e 3 controlli, a seconda della granulometria del campione. Il test prevede una prima esposizione di 20' durante i quali i batteri si trovano a diretto contatto con il sedimento e una seconda fase di ulteriori 10' in cui la risospensione batterica viene incubata nel luminometro a 15°C.

La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16), che consente di individuare l'EC50 (o qualunque altra EC), ossia la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% o, in alternativa, la semplice variazione percentuale di emissione di luce rispetto al controllo. Il risultato è stato espresso sia in TU (Unità Tossiche = 100/EC50), che consente di ottenere una relazione diretta fra tossicità e riduzione della bioluminescenza, sia come Sediment Toxicity Index (S.T.I.), che permette di esprimere la reale tossicità acuta del campione rispetto alla tossicità "naturale" di un campione di riferimento avente le medesime caratteristiche granulometriche (Onorati, 1999; Onorati *et al.*, 2007).

Al fine di esprimere il risultato del saggio nella scala S.T.I., poiché il test in fase solida viene effettivamente applicato sulla frazione granulometrica < 1 mm e poiché la componente naturale della tossicità è funzione della frazione pelitica, sono state utilizzate le analisi granulometriche dei campioni di sedimento per individuare la proporzione tra le due frazioni citate, indispensabile per la valutazione del reale livello di tossicità acuta.

La fase solida è stata giudicata tossica quando il valore di S.T.I è risultato >3.

E' stata adottata la scala di tossicità (Tab. 2-IV) indicata nella Tab. 1 del Manuale ICRAM-APAT (2007).

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

SPECIE-TEST	Colonna A Tossicità assente/trascurabile	Colonna B Tossicità presente	Colonna C Tossicità elevata	Colonna D Tossicità molto elevata
<i>Vibrio fischeri</i> (sedimento)	S.T.I. ≤ 3	3 < S.T.I. ≤ 6	6 < S.T.I. ≤ 12	S.T.I. > 12

2.2.2.3 *Corophium orientale*

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* (fig. 2.4) 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 stati campionati setacciando il loro sedimento nativo con setaccio a maglia di 0,5 mm, che permette di selezionare organismi di ~4 mm idonei per il test, scartando gli individui maturi e le forme giovanili. Gli anfipodi selezionati sono quindi stati portati in laboratorio e acclimatati alle seguenti condizioni del test:

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



Fig. 2.4 - Esemplari di *C. orientale*.

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

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri

dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH_4^+ e ossigeno disciolto.

Elaborazione dei dati - Il saggio biologico è considerato valido quando la mortalità media all'interno del sedimento di controllo è $\leq 15\%$ e la mortalità nella singola replica per l'intero periodo di esposizione è $\leq 20\%$. Sia nei campioni da testare che nel sedimento di controllo sono state calcolate le percentuali medie (\pm deviazione standard) degli anfipodi morti. La percentuale di mortalità rilevata in ogni campione è stata confrontata con quella nel sedimento di controllo. Il livello di tossicità è stato valutato prendendo in considerazione la percentuale di mortalità degli organismi osservata nei campioni da saggiare, corretta con la formula di Abbott (M). La scala adottata per la quantificazione della tossicità è riportata Tab. 2-V.

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

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

2.2.2.4 *Acartia tonsa*

Il saggio di sviluppo larvale (LDR test) con il copepode *A. tonsa* è stato eseguito secondo la procedura di Kusk e Wollenberger (2007), modificata per renderla adatta all'impiego per la fase solida (Picone, 2006). Obiettivo del saggio è la determinazione di eventuali effetti stimolatori o inibitori sullo sviluppo larvale.

Esecuzione del saggio - Il saggio prevede l'esposizione di un numero variabile tra 50 e 80 uova di *A. tonsa* a 3,5 g di sedimento e 80 ml di acqua marina artificiale ($S = 25$), ricostituita secondo le specifiche riportate in Kusk e Wollenberger (1999). Il saggio è quindi condotto in condizioni statiche per 6 gg, alla temperatura di 20°C e in regime di fotoperiodo controllato (16:8 luce:buio) con illuminazione a bassa intensità mantenuta da lampade fluorescenti. Il giorno-0 e il giorno-2 in ognuna delle repliche sperimentali (6 per ogni campione e il controllo) è stato somministrato l'alimento (la criptoficea *Rhodomonas salina*) in aliquote adeguate a determinare una concentrazione finale di 6×10^4 cell ml^{-1} in ciascuno dei beaker in cui erano esposte le larve di *A. tonsa*. Al termine dei 6 gg di esposizione è stata prelevata una replica del controllo che è stata fissata aggiungendo circa 1 ml della soluzione di Lugol. Dopo lieve agitazione la fase liquida è stata versata su un sistema filtrante ed è stata determinata la proporzione naupli:copepoditi recuperati sul filtro

impiegando uno stereomicroscopio. Se il rapporto nauplii-copepoditi era di circa 50:50, si è proceduto al fissaggio del test anche negli altri beaker altrimenti, in caso di netta prevalenza di nauplii (>70%), si è lasciato procedere il test per alcune ore per ripetere poi la procedura.

QA-QC - La sensibilità di ogni coltura di *A. tonsa* è stata verificata mediante il test di controllo positivo con 3,5-DCP, il cui risultato deve essere compreso nell'intervallo 33-388 µg l⁻¹; ogni coltura viene mantenuta per un periodo non superiore a 7 settimane. Affinché il test possa essere considerato valido, la percentuale di copepoditi recuperata alla fine del test deve essere almeno il 30% del totale delle larve recuperate (nauplii + copepoditi).

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio sono riportati come Larval Development Rate (LDR), ossia come rapporto tra numero di copepoditi e numero complessivo di forme giovanili recuperate a fine test (nauplii + copepoditi), e successivamente normalizzati rispetto al valore di LDR rilevato nel controllo per determinare la percentuale di inibizione (In%). Valori negativi di In(%) indicano effetto biostimolante.

La significatività statistica delle risposte tra campioni e nei confronti del controllo è stata valutata tramite analisi della varianza (ANOVA) a una via.

Ai risultati espressi come percentuale di inibizione è stato quindi associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-VI.

Tab 2-VI – Criteri di classificazione dei risultati del saggio con *A. tonsa*.

Criterio	Giudizio
$\text{In}(\%) \leq -40$	Biostimolazione significativa
$-40 < \text{In}(\%) \leq -25$	Potenziale biostimolazione
$-25 < \text{In}(\%) < 25$	Assenza di effetto
$25 \leq \text{In}(\%) < 40$	Potenziale tossicità
$\text{In}(\%) \geq 40$	Tossicità significativa

2.2.2.5 *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 si utilizza il medium ASTM a $S = 34$. Il saggio è stato condotto utilizzando delle piastre sterili in polistirene con 24 pozzetti da 3 ml come supporto, in cui sono stati inoculati 60-70 zigoti per ml. L'esposizione è stata quindi condotta in triplicato, in condizioni di temperatura controllata (20°C), al buio, per 48 h. Al termine del test, il contenuto di tutti i pozzetti è stato fissato con una goccia di formalina tamponata ed è stata determinata la percentuale di larve normoformate (larve D) impiegando un microscopio ottico invertito.

QA-QC - La sensibilità di ogni batch di *C. gigas* è stata valutata mediante l'esecuzione del test con sostanza di riferimento (Cu); i risultati di tale test devono rientrare nei limiti della carta di controllo intralaboratorio ($5-33 \mu\text{l}^{-1}$). 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 EC_{50} , 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 EC_{50} 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-VII.

Tab. 2-VII - 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	$S > 50$
$50 < S \leq TL$	Bassa		
$1 \leq TU < 2$	Media	Semiscala delle T.U.	$S \leq 50$
$2 \leq TU < 4$	Alta		
$TU \geq 4$	Molto alta		

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

TL = Toxicity limit = Controllo \cdot 90% del controllo

2.2.2.6 *Hediste diversicolor*

L'accumulo dei metalli nel biota (fig. 2.5) può avvenire mediante assorbimento diretto dall'ambiente attraverso la parete corporea o le superfici respiratorie o del tratto digerente. Negli organismi acquatici è stato dimostrato che la via dominante di assorbimento dei metalli è la diffusione passiva tramite la superficie corporea, le branchie o i polmoni, oppure per trasporto attivo con le pompe di calcio. Il bioaccumulo negli invertebrati attraverso l'alimentazione è stato dimostrato per Cr, Cd, Ag e Co. La concentrazione dei metalli nei tessuti dipende dalla quantità del metallo acquisito, dalla cinetica di assorbimento, dalla sua distribuzione nei tessuti, dai requisiti metabolici per i metalli e dai meccanismi di disintossicazione/escrezione.

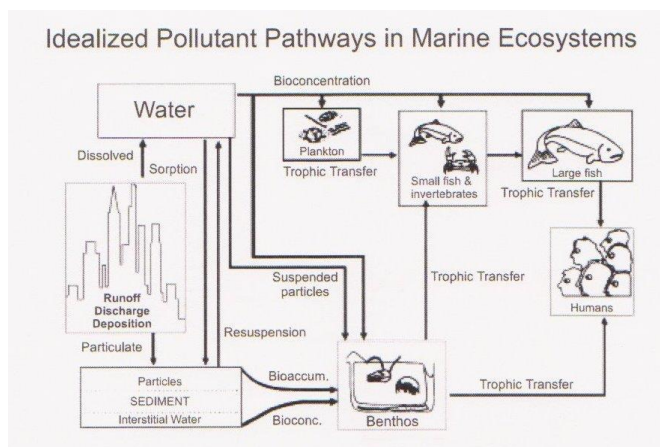


Fig. 2.5 - Schema idealizzato del percorso di un inquinante nel sistema marino (Lee, 1988).

Alluminio - L'alluminio è l'elemento metallico più abbondante nella litosfera. La sua biodisponibilità e tossicità sono generalmente maggiori in ambiente acido. La forma predominante in acqua di mare è insolubile $[\text{Al}(\text{OH})_3]$, quindi le sue concentrazioni nell'acqua marina sono basse. Le conoscenze riguardo la tossicità e l'assimilazione di questo metallo negli organismi acquatici sono limitate.

Arsenico - I sedimenti possono essere una fonte notevole di questo metallo per gli organismi marini bentonici (Bryan e Langston, 1992). Langston (1980; 1984) ha dimostrato che il polichete *Hediste diversicolor* (fig. 2.6) accumula questo elemento dalle particelle del sedimento ingerito e per contatto diretto dei palpi con il sedimento. Esiste un rapporto diretto tra la concentrazione del metallo nei tessuti degli invertebrati bentonici e la proporzione As/Fe nelle frazioni facilmente estraibili dei sedimenti nei quali gli invertebrati vivono. Le concentrazioni di arsenico disciolto nell'acqua interstiziale degli

strati di sedimenti ossigenati e riducenti sono elevate e presenti nelle forme più biodisponibili (Reimer e Tompson, 1988).

Bario - Il bario è il quattordicesimo elemento più abbondante nella crosta terrestre. Per la sua bassa solubilità nell'acqua non è immediatamente accumulato nei tessuti duri o morbidi degli organismi marini (Neff, 2002). Se accumulato, il metallo rimane nei tessuti come calcoli insolubili e inerti (Jenkins *et al.*, 1989).



Fig. 2.6 - Esempolari di *H. diversicolor*.

Cadmio - Questo metallo di per sé è insolubile in acqua, ma i suoi sali, sotto forma di cloriti e solfuri, sono liberamente solubili (Neff, 2002). Il cadmio è abbastanza mobile nei sedimenti marini per la sua speciazione in acqua marina e la sua tendenza a legarsi facilmente alle particelle formando solfiti solubili in ambiente riducente. Questo metallo è accumulato dagli organismi marini sia disciolto che sotto forma di ioni principalmente attraverso le branchie. L'accumulo può essere passivo o attivo quando trasportato attraverso l'epitelio delle branchie. Il bioaccumulo del cadmio e di altri metalli (rame, mercurio e zinco) in alcuni invertebrati marini, pesci, uccelli e mammiferi può portare all'induzione di metallothioneine, proteine che si legano al metallo nei tessuti. Il cadmio tende ad accumularsi preferibilmente nei tessuti di alcuni organi, come il fegato, le ghiandole digestive e i reni, ma anche nei muscoli degli organismi marini.

Cromo - Il cromo si presenta prevalentemente in due stati di ossidazione: trivalente ed esavalente. Il cromo trivalente, un micronutriente essenziale, è praticamente insolubile ai valori di pH dell'acqua marina e tende a precipitare come idrossido insolubile concentrandosi nel sedimento (Richard e Bourg, 1991). Il cromo esavalente è solubile e potenzialmente molto disponibile. Le informazioni riguardo al bioaccumulo negli organismi marini sono minime.

Nichel - Il nichel in piccole quantità è essenziale per gli organismi poiché è utilizzato nella produzione delle cellule rosse del sangue. In ambiente acquatico si trova soprattutto sotto forma di ione bivalente che dà origine a complessi moderatamente forti con gli acidi umici

e può essere adsorbito dal materiale particolato. Il metallo può passare in soluzione in condizioni di buona ossigenazione, mentre in condizioni anossiche tende a precipitare sotto forma di solfuri insolubili e a concentrarsi nel sedimento.

Mercurio - Il mercurio si presenta principalmente in forma di ione bivalente, ma in condizioni di anossia si rinviene in forma metallica. Lo ione può essere soggetto alla metilazione per opera di batteri sia in condizioni aerobiche che anaerobiche, formando $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ e CH_3Hg^+ . Questi composti molto tossici tendono ad essere rilasciati rapidamente dalle particelle di sedimento passando in soluzione dove diventano disponibili per gli organismi che vivono nella colonna di acqua. A causa della sua alta affinità per la sostanza organica disciolta e particolata, il mercurio organico e inorganico forma facilmente complessi con la materia organica presente nell'acqua marina e nei sedimenti (Neff, 2002). L'assorbimento del mercurio disciolto è ridotto in seguito all'esposizione ad altri metalli come Ag, Cd, Cu e Zn.

Rame - Il rame si trova sotto forma di ione bivalente, idrossidi e carbonati e ha la tendenza a formare complessi con la materia organica e il materiale particolato. Quantità elevate di cloruri comportano un aumento della mobilità del rame in seguito alla formazione di ioni complessi e a un minor grado di assorbimento all'interno del sedimento (Bourg, 1988). Poiché questo metallo è un nutriente essenziale, diversi organismi marini hanno sviluppato meccanismi per controllare le concentrazioni degli ioni liberi nei tessuti in presenza di concentrazioni variabili nell'acqua, nel sedimento e nel cibo. Ad esempio, *H. diversicolor* regola la concentrazione di rame nei tessuti con il livello di concentrazione naturale del metallo nell'acqua di mare, ma non a livelli alti, prossimi a quelli letali (Amiard *et al.*, 1987). Tuttavia, alcuni policheti sono capaci di regolare i residui di rame nei tessuti in presenza di concentrazioni molto alte nei sedimenti nei quali vivono (Bryan e Gibbs, 1987). Le concentrazioni del rame nei vari tessuti degli organismi marini variano stagionalmente, probabilmente in seguito a cambiamenti stagionali nella richiesta di questo micronutriente da parte dei vari tessuti.

Piombo - Il piombo è un componente naturale dell'ecosistema marino. Questo metallo tende a precipitare sotto forma di solfati e carbonati ed è in grado di formare complessi con la materia organica e il materiale particolato. Gli invertebrati e i pesci lo bioaccumulano dall'acqua marina in proporzione alla sua concentrazione in soluzione (Amiard *et al.*, 1987). Tuttavia, la quantità di piombo biodisponibile non è molto elevata, poiché una certa quantità del metallo viene assorbita dalle patine di ossido di ferro delle particelle di sedimento.

Vanadio - Questo metallo è largamente distribuito ed è un elemento sempre più tenuto in considerazione dal punto di vista ambientale, anche se non è stata ancora dimostrata la sua essenzialità per gli organismi. La maggior parte del vanadio presente nell'acqua marina si trova in sospensione o viene assorbito sui colloidali, passando meccanicamente attraverso l'acqua senza reagire. Solo una piccola parte si presenta in forma solubile, mentre tutto il resto tende a concentrarsi nei sedimenti. Il vanadio viene rimosso dall'acqua sia per assorbimento sul materiale particolato sia tramite i processi biochimici degli organismi.

Zinco - Lo zinco è un elemento essenziale per molti organismi viventi, essendo il costituente di diversi enzimi ed essendo coinvolto in varie reazioni metaboliche. Per questo motivo, numerose specie di organismi marini sembrano capaci di regolare questo metallo nei tessuti alle concentrazioni in cui si rinviene nell'acqua di mare e nei sedimenti, da livelli ambientali normali fino ai livelli prossimi a quelli letali (Luoma e Bryan, 1982). Gli organismi marini possono accumulare lo zinco dall'acqua, dal cibo e dai sedimenti. La forma tossica dello zinco è lo ione libero che nell'acqua marina rappresenta solo una piccola frazione dello zinco totale.

Procedimento del test - Il test di bioaccumulo è stato eseguito secondo i protocolli ASTM E1688-97a (1998; reapproved 2007) ed EPA/600/R-95/183 (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 $36\pm 2\text{‰}$, 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 $\sim 300\text{ cm}^3$ di sedimento da testare ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata ($36\pm 2\text{‰}$). 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 d'inizio del test (pH, salinità, NH_4^+ 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 $16\pm 2^\circ\text{C}$, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come 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 nell'acqua o nel sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%. Dopo 28 gg sono stati annotati i parametri finali del test e sono stati recuperati gli organismi dai singoli barattoli tramite setacciatura; gli individui vivi sono stati contati e reinseriti in barattoli contenenti sabbia quarzifera e acqua di mare filtrata. Dopo 3 gg i policheti spurgati sono stati recuperati e lavati in acqua distillata per 1 h per liberarli dal muco e dai residui della sabbia. Successivamente, sono stati congelati e sottoposti ad analisi chimica.

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

$$D = (C_e - C_b)$$

dove:

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

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

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

Si ritiene che il bioaccumulo sia significativo quando la differenza è $\geq 20\%$.

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) e i valori ottenuti sono stati rapportati a una superficie di 0,095 m² che, come già detto, corrisponde all'area di apertura della benna e, quindi, alla superficie di sedimento investigata dallo strumento; sono stati quindi calcolati numero e peso medi tra le repliche effettuate su una stessa stazione.

I valori così ottenuti sono stati utilizzati per calcolare i seguenti indici medi:

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

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

Indice di Dominanza (D; May, 1975): $D = n_i N^{-1}$

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.

Sui dati di densità delle singole specie campionate nell'inverno 2012 sono state calcolate le curve di dominanza cumulativa utilizzando il pacchetto software PRIMER (Clarke e Warwick, 1994). Sui dati di densità, previa trasformazione in $\sqrt{}$, è stato applicato anche il metodo del Multidimensional Scaling per verificare le affinità tra le varie stazioni di campionamento.

Infine, per valutare eventuali cambiamenti dello stato ecologico dell'area dal pre-survey all'inverno 2012, sono stati confrontati i risultati di tre differenti indici (l'indice W di Clarke, l'indice AMBI e l'indice BENTIX; Clarke e Warwick, 1994; Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), seguendo quanto suggerito da Texeira *et al.* (2007). Questi Autori riportano infatti la possibilità di ottenere, attraverso la combinazione dei risultati derivati da più indici, un set di dati utile a determinare lo stato della qualità ecologica di una determinata area. Si tratta di un approccio sperimentale poiché tutti gli indici utilizzati per questo scopo sono stati applicati quasi esclusivamente in aree marine costiere e, anche in questo caso, gli ambienti testati sono ancora troppo pochi per poter definire una corretta e universale classificazione dello stato ecologico ambientale (Texeira *et al.*, 2007).

Per quanto concerne i tre indici scelti per questo scopo, 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-VIII.

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

Classificazione dell'ambiente	W
Non disturbato	$1,0 \geq W \geq 0,7$
Leggermente disturbato	$0,6 \geq W \geq 0,3$
Moderatamente disturbato	$0,2 \geq W \geq -0,1$
Povero	$-0,2 \geq W \geq -0,5$
Pessimo	$-0,6 \geq W \geq -1,0$

L'indice AMBI è stato applicato da Muxica *et al.* (2005), oltre che in ambienti marino-costieri, anche in aree più profonde (costa occidentale svedese) o interessate dalla presenza di piattaforme petrolifere (Mare del Nord). Ha 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-IX.

Tab. 2-IX - 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

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. È stato utilizzato con successo, tra l'altro, in aree soggette ad inquinamento organico (Simboura *et al.*, 2005), a sversamenti accidentali di petrolio (Zenetos *et al.*, 2004a) ed è attualmente utilizzato in diverse aree del Mediterraneo nell'ambito del framework del *WFD intercalibration exercise* (EC, 2003).

Questo indice si basa sulla suddivisione dei taxa di fondo mobile (per i quali è fornita una lista) in 3 principali gruppi ecologici:

1. gruppo 1 (GI): include specie sensibili a un disturbo in generale;
2. gruppo 2 (GII): include specie tolleranti a un disturbo o a uno stress. Le popolazioni

possono rispondere a un arricchimento organico o a un'altra fonte di inquinamento attraverso un incremento delle densità;

- gruppo 3 (GIII): include le specie opportuniste di primo ordine, quelle pioniere e le specie tolleranti a situazioni di ipossia.

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

$$\text{BENTIX} = [(6 \times \% \text{GI}) + 2 \times (\% \text{GII} + \% \text{GIII})] / 100$$

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

Sulla base dei risultati ottenuti, per ogni stazione di campionamento è possibile stilare una classifica della qualità dell'ambiente secondo i criteri riportati in Tab. 2-X:

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

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

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

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

3. RISULTATI

3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.1.1. GRANULOMETRIA

All'analisi visiva i sedimenti prelevati nell'inverno 2012 presso la condotta sottomarina Annamaria B - Brenda sono risultati molto simili tra loro essendo costituiti in prevalenza dalla frazione sabbiosa, con un sottile strato superficiale ossidato color nocciola. Il recupero del box corer risultava variabile in base alla compattezza del sedimento oscillando tra 5 cm (D3) e 11 cm (E7; fig. 3.1). Tutti i sedimenti si presentavano prevalentemente grigi.

La componente a biodetrito conchifero è risultata sempre presente variando da stazione a stazione con il minimo in E7 e il massimo nella stazione D2 (rispettivamente 3,19 g/campione e 6,06 g/campione; All. B). I valori di biodetrito osservati nel transetto E erano in linea con quelli registrati nei rispettivi siti di controllo, mentre quelli del transetto D risultavano sempre maggiori dei loro controlli.



Fig. 3.1 – Campioni di sedimento prelevati nell'inverno 2012 presso D3 ed E7.

Come già accennato tutti i campioni sono risultati ascrivibili a “sabbia” secondo la classificazione di Shepard, essendo le percentuali di questa frazione sempre superiori all'83% (Tab. 3-I; fig. 3.2). Il massimo di sabbia è stato raggiunto in E6 (86,97%) e il minimo in D2 (83,15%). Mediamente (\pm d.s.) il transetto E ha presentato una percentuale di sabbia lievemente superiore a quella dei rispettivi controlli ($85,93\pm 0,69\%$ e $84,50\pm 0,23\%$ rispettivamente). Lungo D, invece, il contenuto di sabbia è apparso leggermente inferiore a quello dei riferimenti K8-K10 ($84,17\pm 0,52\%$ e $85,75\pm 0,37\%$ rispettivamente).

Tab. 3-I - Percentuale delle principali frazioni granulometriche dei sedimenti campionati nell'inverno 2012. In rosso le stazioni poste sulla condotta.

	Sabbia	Silt	Argilla
D1	84,43	9,48	6,09
D2	83,15	9,72	7,13
D3	84,22	8,58	7,20
D4	84,80	8,65	6,55
D5	83,97	8,86	7,17
D6	84,25	8,42	7,33
D7	84,40	8,34	7,26
K8	85,81	8,45	5,74
K9	86,09	8,07	5,84
K10	85,37	8,49	6,14
E1	84,95	8,05	7,00
E2	85,12	8,22	6,66
E3	86,15	7,65	6,20
E4	86,11	8,06	5,83
E5	86,07	7,74	6,19
E6	86,97	7,46	5,57
E7	86,12	8,16	5,72
K11	84,24	8,76	7,00
K12	84,58	8,76	6,66
K13	84,69	8,37	6,94

Il silt ha rappresentato la seconda componente più importante con percentuali sempre superiori al 7,46% (E6; massimo in D2: 9,72%). Non sono state riscontrate discrepanze per questa frazione tra transetti (D: $8,87 \pm 0,53\%$; E: $7,91 \pm 0,29\%$) e controlli (K8-K10: $8,34 \pm 0,23\%$; K11-K13: $8,63 \pm 0,22\%$). Infine, l'argilla ha presentato un picco in D6 (7,33%) e il minimo in E6 (5,57%). In questo caso, il contenuto di argilla è risultato leggermente superiore (transetto C; $6,96 \pm 0,46\%$) e paragonabile (transetto E; $6,17 \pm 0,52\%$) a quello dei rispettivi controlli (K8-K10: $5,91 \pm 0,21\%$; K11-K13: $6,87 \pm 0,19\%$).

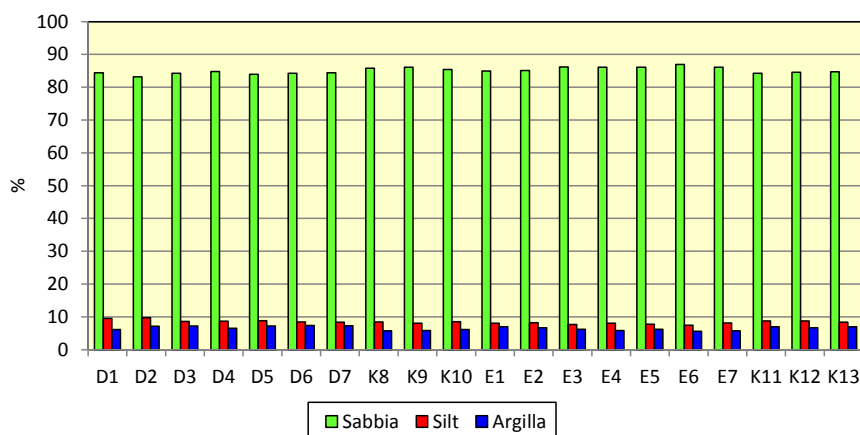


Fig. 3.2 - Percentuali delle principali frazioni granulometriche dei sedimenti campionati nell'inverno 2012. D4 ed E4 = siti posti sul sea-line. K = controlli.

I campioni analizzati nell'inverno 2012 sono apparsi confrontabili con quelli campionati nei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2013b) essendo stati in tutti i casi classificati come sabbie secondo la classificazione di Shepard. La componente sabbiosa è infatti risultata sempre preponderante, mantenendosi nel tempo pressoché costante. Nel complesso le differenze riscontrate sono apparse modeste e riconducibili alla naturale variabilità dei sedimenti e quindi non relazionabili alla presenza della condotta Annamaria B - Brenda.

3.1.2. IPA

Come osservato nei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2013b), anche i dati relativi all'inverno 2012 hanno confermato una presenza modesta di questi contaminanti ovunque (Tab. 3-II), in molti casi al di sotto del limite di quantificazione. Nel controllo K10 e nel sito E3 questi composti non sono stati affatto rilevati.

Come già emerso dalle indagini precedenti, gli IPA hanno mostrato comportamenti differenti tra loro. Ad esempio, Acenaftene, Naftalene e Dibenzo(a,h)antracene sono risultati assenti in tutti i siti, Fluorene e Acenaftilene sono stati rilevati in un solo sito e l'Antracene in due. I restanti composti sono stati rilevati un po' ovunque, sebbene con tenori sempre modesti. Questo dato è testimoniato anche dai valori di IPA totali (fig. 3.3) che sono risultati in tutti i casi molto al di sotto dell'LCB (0,90 mg/kg) del Manuale dei sedimenti marini (ICRAM-APAT, 2007).

Da evidenziare è però il caso della stazione D4 dove gli IPA totali, pur rimanendo ampiamente al di sotto dell'LCB sopra citato, hanno esibito un brusco incremento raggiungendo un tenore (0,302 mg/kg) quasi 15 volte quello registrato durante il pre-survey (0,021 mg/kg; Fabi *et al.*, 2013b). Rispetto ai survey precedenti non è possibile identificare un andamento comune a tutte le stazioni; comunque, gli IPA totali nell'intero periodo sono sempre rimasti al di sotto dell'LCB.

Per quanto concerne il transetto E, nell'inverno 2011 era stato osservato un incremento di questi contaminanti in alcune stazioni (E3, E4, E6), raggiungendo concentrazioni superiori a quelle dei controlli. Questo dato, che avrebbe potuto indicare una contaminazione, risultava confermato nell'estate 2011 quando era stato individuato un picco superiore ai controlli in E2. Sebbene di minore entità, anche in E1 era stato osservato un aumento di IPA, ma in questo caso risultava del tutto paragonabile al controllo K11. Nell'ultimo survey questi composti hanno esibito un diffuso decremento tornando a valori confrontabili con quelli del pre-survey.

I corrispondenza del transetto D, le variazioni temporali sono risultate molto più modeste. Il primo cambiamento degno di nota si è verificato nell'estate 2011 a carico del sito D7, incremento non confermato nell'ultimo survey. L'altro cambiamento da evidenziare ha interessato il sito D4 dove, come già sottolineato, gli IPA totali hanno subito un chiaro incremento nell'ultimo monitoraggio. Un aumento, sebbene meno cospicuo, è stato registrato anche in D2 (estate 2011: 0,028 mg/kg; inverno 2012: 0,114 mg/kg).

Le variazioni temporali osservate risultano maggiormente legate alla variabilità naturale dell'area piuttosto che a un effetto riconducibile alla presenza del sea-line.

Tab. 3-II - Concentrazioni degli IPA (mg/kg) relative all'inverno 2012. In rosso le stazioni poste sulla condotta. Sono riportati solo i valori superiori al limite di quantificazione (0,001 mg/kg).

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Acenaftene										
Acenaftilene		0,004								
Antracene		0,001		0,011						
Benzo (a) antracene				0,036			0,001	0,001	0,001	
Benzo (a) pirene		0,005	0,002	0,008					0,001	
Benzo (b) fluorantene		0,004	0,003	0,010	0,002	0,003	0,004	0,003	0,004	
Benzo (g, h,i) perilene		0,026	0,013	0,011	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	
Benzo (k) fluorantene		0,002	0,001			0,001	0,002		0,001	
Crisene			0,001	0,029	0,001	0,001	0,002	0,003	0,002	
Dibenzo (a, h) antracene										
Fenantrene		0,006	0,003	0,085	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	
Fluorantene		0,017	0,004	0,035	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	
Fluorene		0,002								
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0,001	0,009	0,006	0,008	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	
Naftalene										
Pirene		0,037	0,007	0,069	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	
IPA Totali	0,001	0,114	0,040	0,302	0,013	0,016	0,024	0,019	0,025	0,001

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	K11	K12	K13
Acenaftene										
Acenaftilene										
Antracene										
Benzo (a) antracene				0,001	0,003		0,001	0,002	0,001	
Benzo (a) pirene					0,002			0,002	0,001	0,001
Benzo (b) fluorantene	0,003	0,003		0,002	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003
Benzo (g, h,i) perilene	0,003	0,003		0,001	0,004	0,003	0,003	0,006	0,005	0,007
Benzo (k) fluorantene	0,001	0,001			0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Crisene	0,001	0,002		0,001	0,004	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002
Dibenzo (a, h) antracene										0,001
Fenantrene	0,001	0,002			0,003	0,003	0,001	0,001	0,002	0,002
Fluorantene	0,003	0,003		0,002	0,005	0,003	0,002	0,003	0,004	0,005
Fluorene										
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0,003	0,004		0,001	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003
Naftalene										
Pirene	0,002	0,002		0,002	0,004	0,002	0,002	0,003	0,005	0,007
IPA Totali	0,017	0,019		0,010	0,034	0,021	0,017	0,031	0,027	0,031

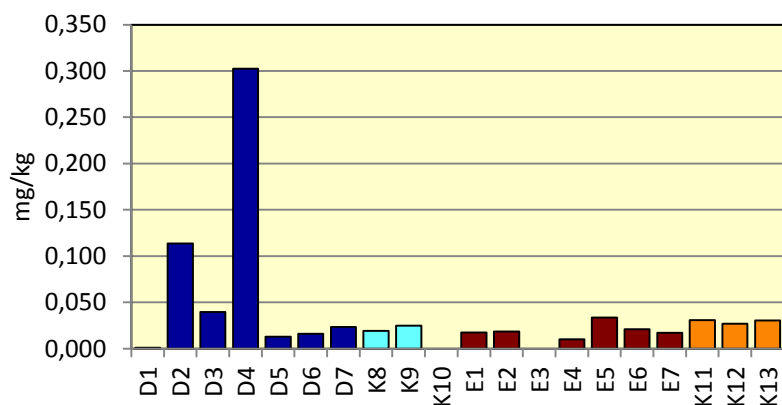


Fig. 3.3 - Concentrazioni (mg/kg) degli Idrocarburi Policiclici Aromatici totali nei sedimenti prelevati nell'inverno 2012. D4 ed E4 = siti posti sul sea-line; K = controlli.

3.1.3. METALLI PESANTI

In Tab. 3-III e in fig. 3.4 sono riportate le concentrazioni rilevate nell'inverno 2012. Si precisa che nel calcolo dei valori medi (\pm d.s.) dei transetti sono stati inclusi anche i siti D4 ed E4.

Alluminio – Le percentuali di questo metallo rilevate nell'inverno 2012 sono risultate modeste ovunque e mediamente paragonabili tra transetti (D: $0,64 \pm 0,13\%$; E: $0,64 \pm 0,08\%$) e relativi controlli (K8-K10: $0,59 \pm 0,05\%$; K11-K13: $0,61 \pm 0,08\%$). Considerando le singole stazioni, solo i siti D6-D7 ed E1-E2 hanno presentato concentrazioni superiori a quelle dei riferimenti. Non sono stati rilevati trend spaziali eccetto l'incremento da E4 ad E2. Le concentrazioni sono apparse inoltre del tutto in linea con i survey precedenti (Fabi *et al.*, 2013b).

Arsenico – Le concentrazioni dell'arsenico relative all'inverno 2012 sono apparse modeste ovunque, tendenzialmente più elevate lungo il transetto D rispetto ad E e paragonabili ai controlli corrispondenti (D: $5,19 \pm 0,41$; K8-K10: $4,85 \pm 0,38$; E: $3,66 \pm 0,32$; K11-K13: $4,12 \pm 0,18$ mg/kg).

Come già emerso dai dati precedenti (Fabi *et al.*, 2013b), le differenze tra l'area del transetto D, risultata sempre più contaminata sin dal pre-survey, e quella del transetto E sono da ritenersi trascurabili dato il modesto valore assoluto delle concentrazioni.

Per tutto il periodo di indagine questo metallo ha conservato valori bassi e non sono state rilevate anomalie. Dal confronto dei valori medi si evince che transetti e controlli hanno mostrato valori simili tra loro che nel tempo sono progressivamente incrementati dal pre-survey all'inverno 2012. Comunque, i tenori raggiunti sono al momento troppo modesti per indicare uno stato di alterazione dell'area. Inoltre, dato che i controlli hanno esibito un

comportamento del tutto simile a quello dei transetti, si ritiene che le variazioni osservate siano imputabili alla naturale variabilità ambientale.

Tab. 3-III - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s. ad eccezione di Al espresso in %) nei sedimenti campionati nell'inverno 2012. In rosso le stazioni poste sulla condotta sottomarina.

	Al	As	Ba	Cr	Cu	Cd	Hg	Ni	Pb	V	Zn
D1	0,52	4,82	13,40	24,76	3,63	0,021	0,010	11,17	4,59	16,34	23,27
D2	0,61	5,43	18,27	25,60	3,83	0,028	0,012	9,74	5,56	18,46	23,00
D3	0,57	4,73	13,75	26,53	4,01	0,026	0,011	13,19	5,59	17,71	22,94
D4	0,60	4,72	14,87	26,16	3,84	0,025	0,011	11,80	5,80	18,29	22,91
D5	0,54	5,55	12,71	24,73	3,84	0,034	0,010	11,50	5,15	16,71	23,24
D6	0,82	5,59	21,31	35,65	4,72	0,035	0,012	15,54	5,85	23,98	30,42
D7	0,82	5,51	23,72	34,97	5,42	0,031	0,013	17,92	5,84	24,74	31,95
K8	0,53	4,65	11,74	24,58	3,10	0,034	0,012	9,45	4,03	16,88	21,58
K9	0,63	5,29	16,97	26,90	3,61	0,033	0,013	11,50	4,71	18,52	23,20
K10	0,61	4,61	16,84	25,79	3,98	0,033	0,015	11,64	4,45	17,86	23,76
E1	0,74	3,46	17,07	26,84	4,97	0,031	0,018	15,10	6,24	20,12	28,58
E2	0,75	3,47	17,13	26,12	4,73	0,030	0,017	12,10	7,40	20,03	26,44
E3	0,63	3,30	13,68	23,19	4,07	0,038	0,016	11,84	4,98	17,23	22,39
E4	0,54	3,84	11,52	19,44	3,97	0,035	0,015	11,23	4,48	15,40	20,03
E5	0,62	3,60	15,51	23,34	4,51	0,032	0,018	13,21	5,46	17,57	24,11
E6	0,60	3,70	13,17	22,80	4,57	0,033	0,017	11,60	4,97	17,66	24,02
E7	0,61	4,27	14,01	22,93	4,37	0,029	0,017	11,95	5,31	17,45	23,30
K11	0,52	4,02	11,05	18,70	3,72	0,027	0,016	9,70	4,25	15,01	20,29
K12	0,65	4,33	15,55	22,44	4,78	0,048	0,020	12,79	5,21	17,67	24,53
K13	0,65	4,03	15,84	23,42	4,69	0,052	0,020	13,88	5,49	18,60	27,14

Bario – Anche le concentrazioni di bario rilevate nell'inverno 2012 sono risultate modeste ovunque, tanto che anche le differenze tra un sito e l'altro, anche quelle relative a D6 e D7 rispetto alle altre stazioni o l'incremento da E4 ad E2, sono da considerare trascurabili. Mediamente non sono state riscontrate discrepanze tra transetti (D: $16,86 \pm 4,32$; E: $14,58 \pm 2,08$ mg/kg) e controlli (K8-K10: $15,18 \pm 2,98$; K11-K13: $14,15 \pm 2,69$ mg/kg).

Per tutta la durata dello studio le variazioni sono state limitate e di poco conto, proprio in virtù della modestia dei valori assoluti (Fabi *et al.*, 2013b). Tra il pre-survey e il 1° monitoraggio post lavori di posa in opera (inverno 2010) questo metallo era più che raddoppiato sia lungo i transetti sia ai controlli, seppure in questi ultimi in maniera leggermente più modesta. I tenori medi sono poi progressivamente diminuiti fino all'estate 2011. Nell'ultimo campionamento il bario è mediamente aumentato ovunque, anche ai controlli, fatto questo che esclude un'influenza da parte della condotta sulla dinamica di questo metallo; si tratta inoltre di variazioni di poco conto.

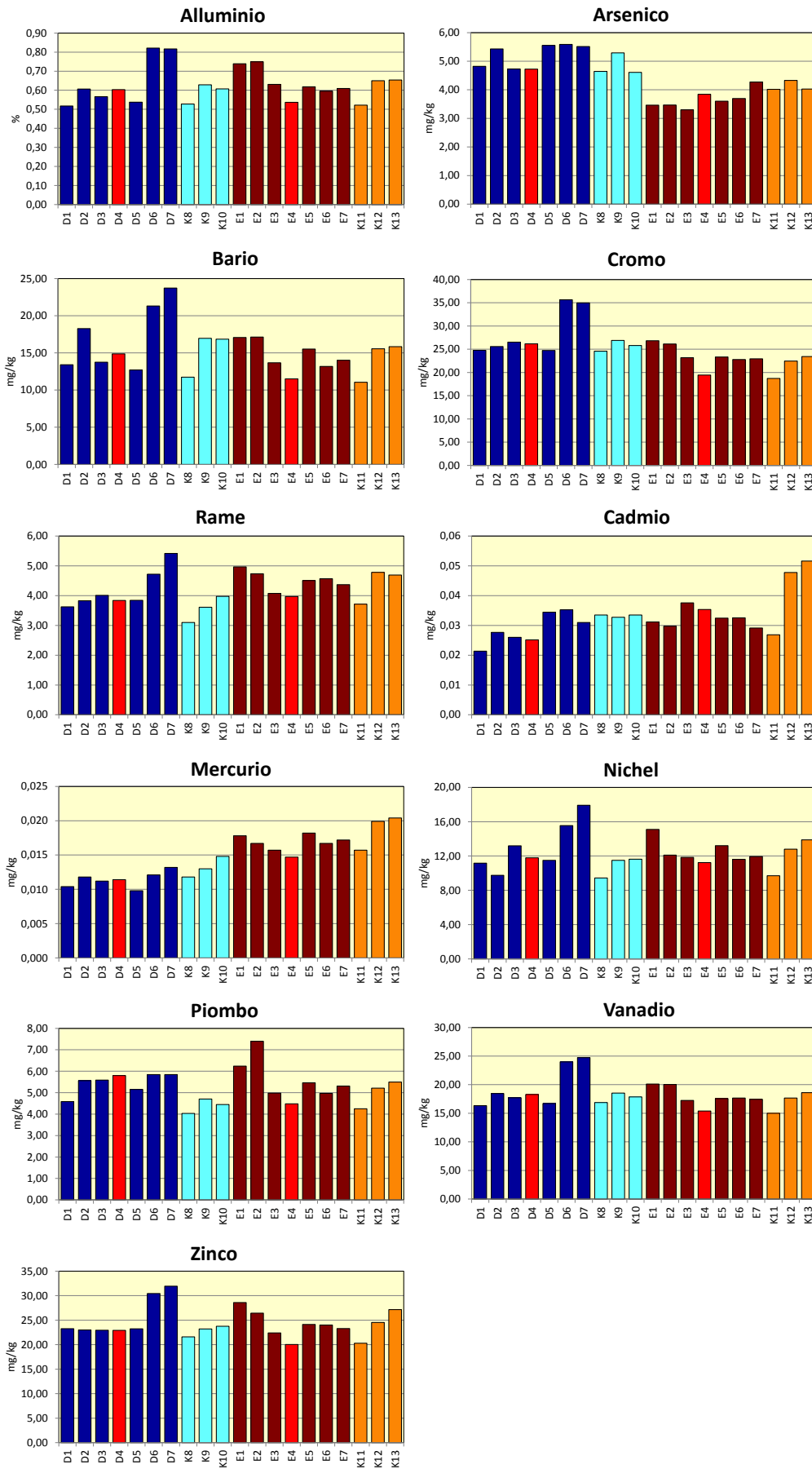


Fig. 3.4 - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s.; Al espresso in %) nei sedimenti campionati nell'inverno 2012. In rosso le stazioni poste sopra la condotta.

Cromo – Le concentrazioni di cromo rilevate nell'inverno 2012 lungo i transetti sono risultate modeste ovunque e complessivamente paragonabili a quelle dei controlli (D: $28,34 \pm 4,81$; K8-K10: $25,76 \pm 1,16$; E: $23,52 \pm 2,43$; K11-K13: $21,52 \pm 2,49$ mg/kg).

Ancora una volta i tenori maggiori sono stati rilevati lungo il transetto D in corrispondenza dei siti D6 e D7 ed è stato registrato un incremento progressivo da E4 ad E1.

Nell'intero periodo di indagine questo metallo ha esibito oscillazioni che hanno interessato sia i transetti sia i riferimenti (Fabi *et al.*, 2013b).

Rispetto al pre-survey il cromo è complessivamente incrementato un po' ovunque, senza tuttavia raggiungere tenori che indichino uno stato di contaminazione dell'area. Le variazioni osservate sono inquadrabili nella naturale dinamica ambientale dato che sono state parimenti osservate anche nei riferimenti.

Rame – Analogamente ai metalli precedentemente descritti, anche le concentrazioni di rame rilevate nell'inverno 2012 lungo i transetti sono risultate modeste e del tutto confrontabili con quelle dei relativi controlli (D: $4,18 \pm 0,65$; K8-K10: $3,56 \pm 0,44$; E: $4,46 \pm 0,35$; K11-K13: $4,40 \pm 0,59$ mg/kg). Esse inoltre sono apparse inferiori o del tutto in linea con quelle del pre-survey. Sono però da rilevare le concentrazioni in D6 e D7, superiori rispetto alle altre, e l'incremento da E4 ad E1.

Tali considerazioni erano già emerse dai dati raccolti nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2013b). In nessun caso infatti questo metallo aveva esibito incrementi o segnali di anomalie positive riconducibili alla condotta.

Anche gli andamenti temporali dei tenori medi sono risultati concordi tra transetti e controlli; l'unica eccezione era stata registrata nell'inverno 2011 quando la media dei controlli K11-K13 era risultata superiore a quella del corrispondente transetto E a causa di un forte incremento di rame in K13, non più osservato successivamente.

Nell'intero periodo non sono state osservate anomalie riconducibili alla presenza della condotta nell'area.

Cadmio – I tenori di cadmio relativi all'inverno 2012 sono risultati bassi ovunque, fatto che rende le differenze spaziali osservate tra le stazioni trascurabili, eccetto in corrispondenza di K12 e K13 in cui le concentrazioni sono apparse notevolmente maggiori rispetto sia a K11 che al transetto E; comunque, mediamente non sono state riscontrate differenze tra E e controlli (E: $0,0326 \pm 0,0030$; K11-K13: $0,0421 \pm 0,0133$ mg/kg), analogamente a D e riferimenti K8-K10 ($0,0287 \pm 0,0051$ e $0,0332 \pm 0,0004$ mg/kg rispettivamente).

Nell'intero periodo il cadmio ha conservato valori modesti (Fabi *et al.*, 2013b), sebbene abbia mostrato chiare oscillazioni tra un survey e l'altro, consistenti in un'evidente riduzione subito dopo la posa del sea-line, in un aumento nell'estate 2010, in successivo e progressivo decremento sino all'estate 2011 e in un incremento nell'ultimo campionamento. Al di là delle variazioni temporali i dati mostrano che per tutta la durata del monitoraggio i tenori di cadmio sono sempre rimasti inferiori o del tutto paragonabili a quelli del pre-survey, ad indicare che la condotta non ha effetti su questo metallo.

Mercurio – Come già emerso dalle campagne precedenti (Fabi *et al.*, 2013b), questo metallo è apparso presente in bassissime concentrazioni nei sedimenti investigati. Per valori così bassi le variazioni osservate non hanno alcun significato.

Anche gli incrementi osservati ovunque nell'ultimo survey sono segni della naturale variabilità ambientale e non sono in alcun modo riconducibili alla presenza del sea-line. Complessivamente, pertanto, i dati indicano l'assenza di un effetto della condotta su questo metallo.

Nichel – Le concentrazioni di nichel rilevate nell'inverno 2012 sono apparse modeste in tutti i siti, con una variabilità maggiore lungo il transetto D, dove sono stati rilevati i massimi in D6 e D7, rispetto ad E.

Comunque, mediamente entrambi i transetti (D: $12,98 \pm 2,84$; E: $12,43 \pm 1,33$ mg/kg) sono risultati paragonabili ai rispettivi controlli (K8-K10: $10,86 \pm 1,23$; K11-K13: $12,13 \pm 2,17$ mg/kg).

Nell'intero monitoraggio i valori di nichel sono sempre stati modesti e hanno subito piccole variazioni rimanendo sempre confrontabili (in qualche caso addirittura inferiori) con quelli del pre-survey (Fabi *et al.*, 2013b), ad indicare l'assenza di un effetto del sea-line su questo metallo. Anche i picchi registrati nell'inverno 2012 in D6 e D7 (e nell'estate 2010 in D1, D5 ed E3) sono troppo modesti per essere considerati un segno di contaminazione dell'area.

Piombo – Anche le concentrazioni di piombo rilevate nell'inverno 2012 sono risultate modeste ovunque e mediamente paragonabili tra transetti (D: $5,48 \pm 0,46$; E: $5,55 \pm 0,98$ mg/kg) e rispettivi controlli (K8-K10: $4,39 \pm 0,34$; K11-K13: $4,99 \pm 0,65$ mg/kg). Anche i picchi riscontrati in E1 ed E2 sono da ritenersi trascurabili in quanto molto modesti.

Nell'intero periodo di studio i valori medi calcolati per transetti e controlli hanno oscillato in intervalli ristretti (Fabi *et al.*, 2013b), riflettendo la naturale variabilità ambientale dei sedimenti.

Al di là delle fluttuazioni, i tenori registrati nell'inverno 2012 sono risultati leggermente più elevati rispetto a quelli del pre-survey, fatto questo osservato parimenti anche per i controlli e pertanto non imputabile alla presenza della condotta.

Complessivamente i dati suggeriscono che il sea-line non ha comportato alterazioni a carico di questo metallo.

Vanadio – Le concentrazioni di vanadio rilevate nell'inverno 2012 sono apparse modeste in tutti i siti e maggiormente variabili lungo il transetto D rispetto ad E. Tale variabilità è ancora una volta dovuta essenzialmente al comportamento di D7 e D6, risultate le stazioni più contaminate. Comunque, i tenori medi osservati lungo D ed E sono risultati del tutto confrontabili con quelli dei riferimenti (D: $19,46 \pm 3,44$; K8-K10: $17,76 \pm 0,83$; E: $17,92 \pm 1,66$; K11-K13: $17,09 \pm 1,86$ mg/kg).

Nell'intero monitoraggio questo metallo ha conservato sempre tenori bassi e del tutto confrontabili con quelli del pre-survey (Fabi *et al.*, 2013b), ad indicare che la condotta non ne influenza la dinamica. La variazione di maggiore entità era stata osservata subito dopo la posa della condotta quando, in corrispondenza di E4, il vanadio aveva mostrato un aumento tale da raggiungere un tenore pari a circa 1,5 volte la media dei controlli. Questo incremento non è stato confermato nei survey successivi e pertanto non è sufficiente ad indicare un effetto della condotta su questo metallo.

Zinco – Le concentrazioni di zinco rilevate nell'inverno 2012 sono apparse modeste in tutti i siti appartenenti ai transetti, dove sono stati ottenuti i tenori medi del tutto confrontabili con quelli dei controlli (D: $25,39 \pm 3,99$; K8-K10: $22,85 \pm 1,133$; E: $24,13 \pm 2,76$; K11-K13: $23,99 \pm 3,46$ mg/kg). Da rilevare ancora una volta che le concentrazioni maggiori sono state riscontrate in D6 e D7 e l'incremento da E4 ad E1.

Per tutta la durata dello studio i tenori di zinco sono rimasti modesti e confrontabili con quelli del pre-survey, con andamenti dei valori medi dei transetti abbastanza concordi con quelli dei controlli (Fabi *et al.*, 2013b). La discrepanza maggiore era stata osservata tra l'inverno e l'estate 2011, quando questo metallo aveva mostrato un incremento nei controlli K8-K10 non osservato lungo il corrispondente transetto C. Complessivamente, è possibile affermare che lo zinco non ha mostrato comportamenti anomali riconducibili alla presenza del sea-line.

3.1.4. SOSTANZA ORGANICA

La percentuale di sostanza organica rilevata nei sedimenti campionati nell'estate 2012

lungo il transetto D è oscillata in un range molto ristretto compreso tra 0,8% (D1, D2) e 1,2 % (D7; Tab. 3-IV; fig. 3.5). Le percentuali dei controlli K8-K10 sono apparse del tutto paragonabili a quelle del transetto.

Anche i valori registrati lungo E sono risultati modesti e leggermente meno variabili rispetto a D oscillando tra 1,0% e 1,3%, risultando anch'essi in linea con quelli dei controlli.

Durante il periodo analizzato le percentuali medie di sostanza organica relative a transetti e controlli hanno mostrato variazioni minime (Fabi *et al.*, 2013b), inquadrabili nella naturale variabilità ambientale. Anche le differenze nei valori medi osservate tra il pre-survey e l'inverno 2012 sono del tutto trascurabili.

Tab. 3-IV - Sostanza organica (% s.s.) rilevata nei sedimenti campionati nell'inverno 2012. In rosso le stazioni poste sulla condotta.

Sostanza organica (%)	
D1	0,8
D2	0,8
D3	1,0
D4	1,0
D5	0,9
D6	0,9
D7	1,2
K8	0,9
K9	1,1
K10	1,1
E1	1,1
E2	1,1
E3	1,1
E4	1,1
E5	1,3
E6	1,2
E7	1,2
K11	1,0
K12	1,1
K13	1,1

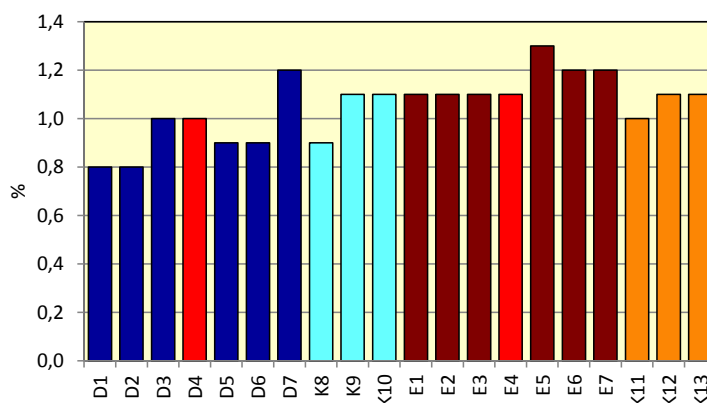


Fig. 3.5 – Sostanza organica (% s.s.) rilevata nei sedimenti campionati nell'inverno 2012. D4 ed E4 = siti posti sul sea-line. K = controlli.

Per quanto riguarda la percentuale di sostanza organica nelle due stazioni campionate sulla condotta Annamaria B - Brenda (D4 e E4), subito dopo la posa (inverno 2010) era stato osservato un lieve aumento rispetto al pre-survey. Nell'estate successiva l'unica variazione aveva riguardato D4 in cui la sostanza organica si era leggermente ridotta. Un decremento è avvenuto in entrambi i siti nell'inverno 2011, quando sono stati raggiunti valori paragonabili (E4) o inferiori (D4) rispetto al pre-survey. Nell'estate successiva (2011) si è assistito ad un trascurabile incremento che non ha comportato sostanziali variazioni nella percentuale di questa variabile. Infine, nell'inverno 2012 la sostanza organica è aumentata in E4 e si è lievemente ridotta in D4, ma anche in questo caso le variazioni sono talmente modeste che non possono in alcun modo essere correlate alla presenza del sea-line.

3.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.2.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC – Il test eseguito come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (8,61 mg/l come cromo) è rientrato nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (6,2 – 8,8 mg/l) e i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre risultata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio applicato ai campioni sono riportati in Tab. 3-V, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati. In tutti i campioni è stata evidenziata assenza di effetto o un leggero effetto biostimolante ($p < 0,05$) rispetto alla crescita misurata nei rispettivi controlli eseguiti con acqua marina artificiale. In nessun campione è stato evidenziato un effetto tossico. Nel complesso i sedimenti sono quindi risultati privi di effetti tossici, e caratterizzati da condizioni chimico-fisiche favorevoli alla proliferazione algale.

Tab 3-V - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati nel V monitoraggio condotto dopo la posa del sea-line (inverno 2012). In rosso sono indicate le stazioni poste sul sea-line. Valori negativi della percentuale di effetto indicano effetto stimolante.

campione	pH	S	% effetto/biostimolazione	EC₅₀	Giudizio
D4	8,01	33,2	7%	n.c.	Assenza di effetto
D6	8,08	33,2	9%	n.c.	Assenza di effetto
K9	8,11	33,4	-22%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
E4	8,08	33,3	-21%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
E6	8,07	33,1	-7%	n.c.	Assenza di effetto
K12	8,09	33,2	-4%	n.c.	Assenza di effetto

Confronto con i survey precedenti - Rispetto ai survey precedenti (Fabi *et al.*, 2013b) si conferma l'assenza di effetti tossici, mai riscontrati né prima né dopo i lavori di posa in opera della condotta.

3.2.2. *VIBRIO FISCHERI*

QA-QC – Il test con la sostanza di riferimento (Cu^{++}) ha prodotto una EC_{50} di 0,82 mg/l a 5' e di 0,24 mg/l a 15'; entrambi questi risultati rientrano nel range di riferimento rilevato a

seguito dell'intercalibrazione a livello nazionale relativa al test Microtox® (0,42 – 1,16 mg/l e 0,03 – 0,75 mg/l rispettivamente per il test a 5' e 15'; Onorati *et al.*, 2007).

Risultati del test – In tutti i sedimenti testati non è stata rilevata tossicità (Tab. 3-VI).

Tab. 3-VI - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato ai sedimenti campionati nell'inverno 2012. In rosso le stazioni situate in corrispondenza del sea-line.

campione	Sabbia <1mm (%)	Pelite (%)	Soglia Tox Naturale (TU)	Tox Misurata (TU)	Range al 95% di confidenza (TU)		R ² (%)	S.T.L.	TOX
D4	86,11	13,89	48,77	3,8	2,4	10,5	88	0,08	Assente
D6	86,97	13,03	45,75	4,6	2,8	8,9	89	0,10	Assente
K9	84,58	15,42	54,09	5,1	3,0	11,7	89	0,09	Assente
E4	84,80	15,20	53,35	3,4	2,4	8,7	90	0,06	Assente
E6	84,25	15,75	55,26	9,5	4,6	21,9	91	0,17	Assente
K12	86,09	13,91	48,83	6,9	3,5	12,7	90	0,14	Assente

Confronto con i survey precedenti – I dati ottenuti nell'inverno 2012 confermano pienamente quanto riscontrato a partire dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2013b).

3.2.3. COROPHIUM ORIENTALE

QA-QC - La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl₂) LC 50 = 3,53 (LC = 2,90 mg/l e UC = 4,29 mg/l) rientra nella carta di controllo di laboratorio. In Tab. 3-VII sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico eseguito nell'inverno 2012.

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate in tutti i sedimenti testati, sempre inferiori al 15%, hanno dimostrato l'assenza di tossicità acuta (Tab. 3-VIII).

Tab. 3-VII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test effettuato nell'inverno 2012. In rosso le stazioni situate in corrispondenza del 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	35	8,16	0,5	95 ± 5	16 ± 1	34	8,17	0,5	90 ± 5
D4		38	8,20	1			38	8,22	0,5	
D6		38	8,20	0,5			38	8,22	0	
K9		38	8,21	1			38	8,22	0,5	
E4		38	8,21	1			38	8,22	0	
E6		38	8,21	1			38	8,24	0	
K12		38	8,21	1			38	8,24	0,5	

Tab. 3-VIII - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo all'inverno 2012. In rosso, le stazioni situate in corrispondenza del sea-line.

campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (\pm dev.st %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
controllo	100	0 \pm 0	0	Assente
D4	100	5 \pm 2,00	5	Assente
D6	100	8 \pm 0,00	8	Assente
K9	100	5 \pm 2,00	5	Assente
E4	100	3 \pm 2,00	3	Assente
E6	100	3 \pm 2,00	3	Assente
K12	100	7 \pm 3,83	7	Assente

Confronto con i survey precedenti - I risultati del test con *C. orientale* condotto nell'inverno 2012 hanno dimostrato che i lavori legati alla posa in opera della condotta non hanno modificato le proprietà ecotossicologiche dei sedimenti osservate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2013b).

3.2.4. ACARTIA TONSA

QA-QC - Il test eseguito come controllo positivo con 3,5-DCP (59 $\mu\text{g l}^{-1}$) è risultato nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (33–388 $\mu\text{g/l}$); la percentuale di copepoditi nel campione di controllo (76 \pm 7% e 77 \pm 7%) è apparsa superiore al limite del 30% indicato dal metodo.

Risultati del saggio – Non stati riscontrati segnali di tossicità in alcun sito (Tab. 3-IX).

Tab 3-IX - Risultati relativi al saggio di tossicità con *A. tonsa* nei campioni prelevati nella campagna invernale del 2012. In rosso i siti posti in corrispondenza del sea-line.

campione	LDR	In(%)	Giudizio
controllo	0,76 \pm 0,07 e 0,77 \pm 0,07	-	-
D4	0,64 \pm 0,16	16%	Assenza di effetto
D6	0,68 \pm 0,04	12%	Assenza di effetto
K9	0,70 \pm 0,08	9%	Assenza di effetto
E4	0,83 \pm 0,03	-7%	Assenza di effetto
E6	0,82 \pm 0,07	-6%	Assenza di effetto
K12	0,50 \pm 0,09	29%	Assenza di effetto

Confronto con i survey precedenti – Si conferma la assenza di tossicità rilevata nella campagna precedente condotta nell'estate 2011 (Fabi *et al.*, 2013b); si ritiene pertanto che i segnali di potenziale tossicità che erano stati evidenziati nell'estate 2010 e nell'inverno 2011 abbiano rappresentato casi isolati.

3.2.5. *CRASSOSTREA GIGAS*

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC₅₀ di 15,1 µg/l di Cu che rientra nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5-33 µg/l); la percentuale di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo (93±1%) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Il saggio di embriotossicità applicato agli elutriati ha evidenziato l'assenza di tossicità nei campioni esaminati lungo il transetto E e nei due controlli K9 e K12, caratterizzati da una percentuale di larve normalmente formate (percentuale di successo del test normalizzata S%) non marcatamente differente dal controllo (Tab. 3-X). In D4 e D6 è stato invece evidenziato un segnale di relativa tossicità.

Tab. 3-X - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nell'inverno 2012. In rosso i siti posti sulla condotta.

campione	% effetto grezzo	S(%)	EC₅₀	Giudizio
Controllo	26±2	-	-	-
D4	56±27	47	88	Bassa
D6	57±2	46	97	Bassa
K9	7±3	100	n.c.	Assente
E4	6±2	100	n.c.	Assente
E6	8±4	99	n.c.	Assente
K12	7±2	100	n.c.	Assente

Confronto con i survey precedenti - Nella quasi totalità delle stazioni i valori di tossicità sono rimasti stabili nel tempo (assenza di tossicità) e confrontabili con il pre-survey, segno che non vi sono state variazioni delle caratteristiche del sedimento a seguito dei lavori che possano aver influito sulla riproduzione di *C. gigas* (Fabi *et al.*, 2013b). Si è però riproposto il peggioramento delle condizioni in D4 già riscontrato nell'inverno 2011, ora esteso anche a D6.

3.2.6. *HEDISTE DIVERSICOLOR*

I parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test effettuato nell'inverno 2012, sono riportati in Tab. 3-XI, mentre in Tab. 3-XII sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo.

La mortalità degli organismi osservata nel sedimento di controllo è risultata inferiore a quella degli organismi esposti ai sedimenti K9, E4 ed E6, indicando che tali sedimenti

possono causare per gli organismi uno stress supplementare imposto dalle loro proprietà chimiche e/o granulometriche.

In Tab. 3-XIII sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti nel bianco (tempo 0) e quelle rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati, mentre la Tab. 3-XIV mostra le differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* dopo l'esposizione ai sedimenti testati e quelle determinate nel bianco (0').

Tab. 3-XI - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto nell'inverno 2012. In rosso le stazioni situate in corrispondenza del 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	16 ± 1	35	8,18	1	95 ± 5	16 ± 1	34	8,18	0,5	90 ± 5
D4		35	8,20	0,5			35	8,17	0	
D6		35	8,19	1			35	8,16	0	
K9		35	8,19	0,5			36	8,18	0,5	
E4		35	8,18	2			36	8,18	0,5	
E6		35	8,18	1			35	8,21	0,5	
K12		35	8,18	1			36	8,17	1	

Tab. 3-XII - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nell'inverno 2012. In rosso le stazioni situate in corrispondenza della condotta.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev.st %)
controllo	18	0 ± 0,0
D4	18	6 ± 10,0
D6	18	11 ± 10,0
K9	18	22 ± 10,0
E4	18	17 ± 0,0
E6	18	28 ± 10,0
K12	18	0 ± 0,0

Tab. 3-XIII - Concentrazioni (mg/l; Al in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* durante il survey condotto nell'inverno 2012. bianco = tempo zero; controllo = organismi spurgati/non esposti ai sedimenti. In rosso le stazioni situate in corrispondenza del sea-line. n.r. = non rilevabile.

Campione	Al	Ba	Cr	Cu	Ni	V	Zn	As	Cd	Pb	Hg
bianco	n.r.	4,48	n.r.	14,96	1,72	n.r.	91,16	1,94	0,240	0,39	0,165
controllo	n.r.	3,99	n.r.	20,25	1,91	n.r.	95,79	2,07	0,240	0,34	0,272
D4	n.r.	3,83	n.r.	15,17	2,65	n.r.	97,69	2,04	0,251	0,49	0,253
D6	n.r.	4,27	n.r.	16,42	2,01	n.r.	97,38	4,65	0,239	0,34	0,235
K9	n.r.	4,03	n.r.	13,61	1,91	n.r.	106,21	2,36	0,215	0,36	0,201
E4	n.r.	3,99	n.r.	14,14	2,42	n.r.	96,67	2,18	0,214	0,35	0,227
E6	n.r.	4,08	n.r.	12,53	2,70	n.r.	104,44	2,50	0,238	0,30	0,226
K12	n.r.	3,92	n.r.	12,41	2,87	n.r.	102,57	2,00	0,239	0,29	0,209

Tab. 3-XIV - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti da testare e il bianco (0^o). In rosso le stazioni situate in corrispondenza del sea-line. n.c. = non calcolabile.

Campione	Al	Ba	Cr	Cu	Ni	V	Zn	As	Cd	Pb	Hg
controllo	n.c.	-0,49	n.c.	5,29	0,19	n.c.	4,63	0,13	0,000	-0,05	0,11
D4	n.c.	-0,65	n.c.	0,21	0,93	n.c.	6,53	0,10	0,010	0,10	0,09
D6	n.c.	-0,21	n.c.	1,46	0,29	n.c.	6,22	2,71	-0,001	-0,05	0,07
K9	n.c.	-0,45	n.c.	-1,35	0,19	n.c.	15,05	0,42	-0,020	-0,03	0,04
E4	n.c.	-0,49	n.c.	-0,82	0,70	n.c.	5,51	0,24	-0,030	-0,04	0,06
E6	n.c.	-0,40	n.c.	-2,43	0,98	n.c.	13,28	0,56	-0,002	-0,09	0,06
K12	n.c.	-0,56	n.c.	-2,55	1,15	n.c.	11,41	0,06	-0,001	-0,10	0,04

Le concentrazioni di **Alluminio**, **Cromo** e **Vanadio**, sotto i limiti di rilevabilità, hanno dimostrato l'assenza di biodisponibilità di questi metalli.

I contenuti di **Bario**, **Zinco**, **Cadmio** e **Piombo** rilevate nei tessuti di tutti gli organismi sono risultate inferiori o confrontabili con le concentrazioni del bianco.

Il **Rame** è risultato bioaccumulato solo nel controllo (organismi spurgati non ancora sottoposti ai sedimenti da testare), mentre il **Nichel** è stato accumulato nei due siti posti sul sea-line, in E6 e, soprattutto, nel controllo K12. Le concentrazioni dell'**Arsenico** sono risultate significativamente maggiori al bianco nelle due stazioni a 60 m dalla condotta e nel controllo K9, mentre il **Mercurio** ha presentato un leggero bioaccumulo in tutte le stazioni campionate; tuttavia, il valore maggiore è stato registrato nel controllo, indicando una scarsa significatività dei segnali osservati nelle stazioni monitorate.

Confronto con i survey precedenti – I risultati del test di bioaccumulo effettuato nell'inverno 2012 hanno ripetuto le indicazioni date in precedenza (Fabi et al., 2013b), ovvero l'assenza di mobilità o la scarsa mobilità della maggior parte dei metalli in esame. L'Arsenico ha confermato ancora una volta la sua relativa biodisponibilità, come già fatto fin dal pre-survey, indicando quindi che tale segnale è legato alla natura del sedimento più che alla presenza del manufatto. Anche il Nichel, che nella II e IV campagna dopo i lavori (estate 2010 e 2011) non aveva evidenziato segnali di biodisponibilità, torna ad essere nuovamente misurato, così come era già accaduto durante il pre-survey. Infine, il Mercurio ha mostrato un peggioramento nell'ultimo survey, poiché precedentemente era stato registrato un suo bioaccumulo in un sito di controllo durante il pre-survey e, successivamente, solo nell'estate 2010, quando analogamente all'ultimo survey era risultato generalizzato.

3.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.3.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

Analogamente a quanto riscontrato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2013b), la comunità bentonica rinvenuta nell'area investigata nell'inverno 2012 è risultata piuttosto ricca in numero di individui (fig. 3.5).

Il trend del transetto D è apparso più discontinuo rispetto a quello di E ma, a causa dell'elevata variabilità tra le repliche prelevate da una stessa stazione, la maggior parte dei siti è risultata confrontabile. La densità minore è stata registrata in D1 ($342,7 \pm 58,9$ ind/0,095m²) e la maggiore in D3 ($494,5 \pm 70,7$ ind/0,095m²).

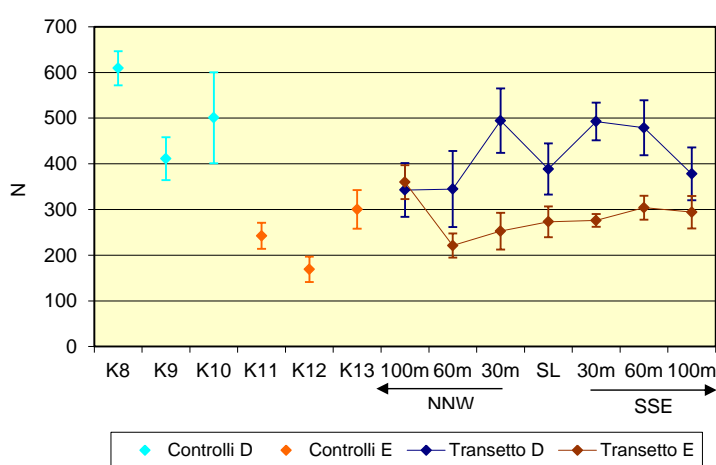


Fig. 3.5 – Densità (\pm e.s.) registrate nell'inverno 2012.

Il transetto E ha presentato, come anticipato, un andamento più lineare e caratterizzato da un decremento da E1 ad E2 ($359,9 \pm 37,1$ e $221,1 \pm 26,4$ ind/0,095m² rispettivamente) seguito da una lieve ripresa sino ad E6 ($304,0 \pm 26,1$ ind/0,095m²). Solo in corrispondenza dei siti posti a 100 m di distanza dalla condotta sono state ottenute densità confrontabili tra i due transetti; altrove i valori sono sempre stati superiori lungo D. Anche per quanto concerne i controlli, ciascuno risultato confrontabile con almeno un sito appartenente al transetto corrispondente, le densità maggiori sono state registrate in quelli relativi al transetto D (K8-K10).

Rispetto al monitoraggio precedente (estate 2011; Fabi *et al.*, 2013b), non sono state riscontrate variazioni degne di nota nei valori di densità lungo il transetto E e nei due gruppi di controlli, mentre lungo D sono da segnalare forti riduzioni in corrispondenza di D1 (estate 2011: $547,7 \pm 88,1$ ind/0,095m²) e D4 (estate 2011: $1084,0 \pm 567,7$ ind/0,095m²; inverno 2012: $388,7 \pm 55,9$ ind/0,095m²).

Lungo quasi tutto il transetto D e nel controllo K9 i policheti Sabellidae nd sono risultati il taxon più numeroso, preceduti solo in D1, D2 e D7 rispettivamente dai policheti Paraonidae nd dall'anfipode *Lysianassa* sp e da Sipuncula nd (Tab. 3-XV). Lungo tutto il transetto E (eccetto E7 in cui è risultato più numeroso Sipuncula nd) è stata confermata la priorità numerica del polichete *Ditrupa arietina*, già osservata sin dalla posa della condotta sottomarina (inverno 2010; Fabi *et al.*, 2013b). Questo polichete è risultato il taxon più abbondante anche nei controlli K8, K10, K12 e K13, mentre in K11 è apparso più numeroso il polichete *Minuspio cirrifera*.

In termini di biomassa, lungo D, se si esclude il picco in D2 ($17,4 \pm 10,9$ gr $0,095/m^2$) determinato dal rinvenimento in una replica del briozoo *Amathia semiconvoluta* e dell'antozoo *Alcyonium palmatum* (fig. 3.6; Tab. 3-XVI), il range di valori è risultato ristretto e compreso tra $2,9 \pm 1,0$ gr $0,095/m^2$ (D5) e $6,7 \pm 2,3$ gr $0,095/m^2$ (D1); non sono state riscontrate discrepanze tra transetto e controlli K8-K10, caratterizzati da un picco in K9 ($32,6 \pm 28,7$ gr $0,095/m^2$) determinato da *A. semiconvoluta* e dall'oloturoideo *Holothuria forskali*.

Lungo E, invece, è stato registrato un unico picco in corrispondenza della condotta (E4: $82,4 \pm 28,6$ gr $0,095/m^2$), ancora una volta determinato da *A. semiconvoluta*. Nei restanti siti la biomassa è oscillata tra $0,7 \pm 0,1$ gr $0,095/m^2$ (E3) e $2,7 \pm 1,1$ gr $0,095/m^2$ (E1), risultando pertanto comparabile con K11-K13 ($0,8 \pm 0,1 \leq P \leq 9,1 \pm 6,4$ gr $0,095/m^2$).

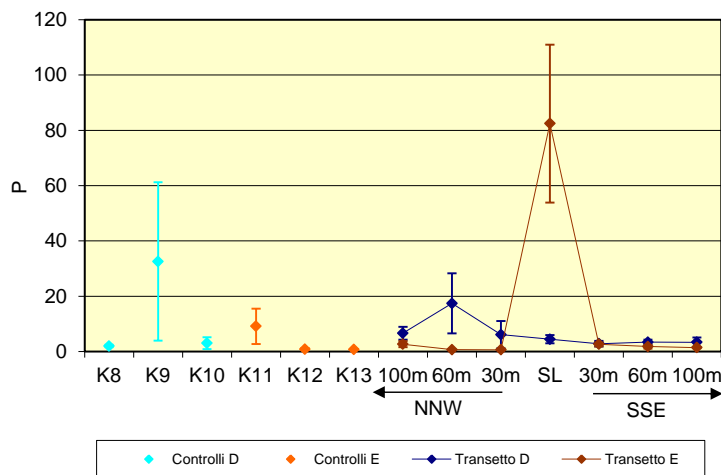


Fig. 3.6 – Biomassa (\pm e.s.) registrata nell'inverno 2012.

Tab. 3-XV – Lista e densità (n. ind./0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nell’inverno 2012. Per ogni sito è anche riportato il numero totale di taxa osservati. AP = Biocenosi delle alghe fotofile; C = Bioc. del coralligeno; DC = Bioc. del detritico costiero; DE = Bioc. del detritico infangato. DL = Bioc. del detritico del largo; Glar = glareicolo; HP = Bioc. delle praterie di fanerogame; Lim = limicolo; Lre = larga ripartizione ecologica; MI = Bioc. dei fondi mobili instabili; Minut = minuticolo; Mixt = misticolo; MO = indicatori della materia organica; Sab = sabulicolo; Sd = substrato duro; SFBC = Bioc. delle sabbie fini ben calibrate; SGCF = Bioc. delle ghiaie fini sotto l’influsso delle correnti di fondo; SVMC = Bioc. delle sabbie infangate di moda calma; VB = Bioc. dei fanghi batiali; VTC = Bioc. dei fanghi terrigeni costieri. D4 ed E4 = siti posti in corrispondenza del sea-line.

Stazioni		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	K11	K12	K13	
Distanza dal sea-line (m)		100	60	30	0	30	60	100	926	926	926	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926	
Briozoi																						
	<i>Amathia semiconvoluta</i>	Sd	2,01	1,01	1,68	2,17	2,83	3,34	2,85	3,17	3,29	3,68	0,92	1,01	1,01	19,04	0,25	0,92	1,59	1,01	0,17	0,22
Cnidari																						
Antozoi	<i>Actinaria</i> nd					2,02	1,33			1,33	3,29								0,67	0,76		
	<i>Alcyonium palmatum</i>	DE		0,51	0,67								0,25						0,25			
	<i>Epizoanthus</i> sp			1,84		0,67	3,33						2,27						2,02	0,51		
	<i>Madreporaria</i> nd				0,83	1,33	0,67			0,67												
	<i>Pennatula rubra</i>	Mixt														0,25						
	<i>Stolonifera</i> nd		9,03	2,02	1,01	1,33	1,33			2,67	1,44	0,67		0,17					2,25			
Idrozoi	<i>Hydroidea</i> nd		1,00	1,01	1,33	1,33	0,67	0,83		2,51	2,72	2,00	0,75	0,76	0,25	0,59	0,76	0,92	2,25	0,67	0,76	0,43
Crostacei																						
Antipodi	<i>Ampelisca diadema</i>	DE	5,70	2,69	6,18	5,50	5,00	4,53	3,52	2,51	1,00	3,01	1,01	2,01	2,43	4,20	2,27	2,85	3,51	3,03	2,01	3,03
	<i>Apherusa</i> sp				0,51									0,51								
	<i>Caprella</i> sp		0,51	6,06		0,67		5,71												0,25		
	<i>Corophium</i> sp		2,35		3,03	3,83		2,18	1,68			0,51	0,25	0,92	0,50	1,93	1,52	1,51	0,51	0,92	1,08	
	<i>Dexamine spinosa</i>	SGCF																		0,51		
	<i>Ericthonius brasiliensis</i>	Sd									0,51											
	<i>Eriopisa elongata</i>	VB	1,33																			
	<i>Eusirus longipes</i>	VTC				0,67								0,17								
	<i>Gammaropsis</i> sp		0,67																			
	<i>Halice walkeri</i>	Lim					0,51	0,51	0,67													
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC	4,70	1,17	2,85	2,00	2,00	0,51	2,34	7,33	2,29	2,34	0,84		0,33	0,33	1,26	1,00	1,25	1,52	0,84	0,43
	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Sab	0,51							0,51												
	<i>Iphimedia</i> sp	-	1,34	7,07	1,01	0,67	0,51			0,67	10,61	2,53	0,17									
	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	MO												0,17			0,25	0,33				
	<i>Leucothoe</i> sp									0,67						0,25	0,25			0,25		
	<i>Lysianassa</i> sp			28,28		3,33				4,90	0,51	0,25								1,26		
	<i>Melita glaciosa</i>	Sm								0,87	1,01											
	<i>Metaphoxus simplex</i>	SFBC		0,67										0,67							0,25	
	<i>Monoculodes carinatus</i>	DE		1,01	0,67					2,00								0,33				
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC	0,51	0,51		0,83			2,00			6,89	1,17	0,17		0,25	0,25	1,09		0,25		
	<i>Pariambus typicus</i>	SFBC								2,00	0,43											
	<i>Peltocoxa</i> sp									0,67												
	<i>Periculodes longimanus</i>	SFBC	2,69	1,17	4,34	4,67	0,67	0,67	0,67	1,33	2,29	2,00	1,09	0,25		0,51				0,76	0,51	
	<i>Perrierella audouiniana</i>	C						1,01				0,67			0,25							
	<i>Photis longicaudata</i>	VTC	3,86	1,68	3,17	2,67		2,51	1,84	2,67	7,29	0,67	0,67	0,17	0,67	0,25	0,25	1,09	0,33	1,01	0,51	0,65
	<i>Phtisica marina</i>	Lre	3,51	2,02	2,85	2,00	0,67	1,52		2,67	6,01	6,18	0,25	0,17	0,33	0,51	0,76	0,51		0,76		
	<i>Prachynella mediterranea</i>	-				0,67																
	<i>Pseudoprotella phasma</i>	Lre		0,51			3,18	10,61	1,33	3,43					0,25					0,25		
	<i>Stenothoe</i> sp		2,34	1,01						0,43	0,67			0,51								
	<i>Synchelidium haplocheles</i>	Mixt		0,51		0,67			0,67	0,51					0,25		0,25					
	<i>Urothoe</i> sp				2,34	0,67	0,67	1,84	1,52	1,01	2,29		0,25									
	<i>Westwoodilla rectirostris</i>	Sab	2,02		0,67	0,67	0,67	0,51	1,17	0,67	1,14	1,17									0,51	
Copepodi	<i>Copepoda</i> nd		2,35		4,69	6,67	4,67	6,18	1,68	2,34	2,86	2,00	3,77	2,10	3,10	1,76	4,29	7,11	2,68	4,04	1,09	0,87
Cumacei	<i>Bodotria scorpioides</i>	SGCF	0,67		1,68					0,67	0,57	0,51	0,25	0,17	1,09	1,09	0,51	0,33	0,33	1,01	0,50	
	<i>Cumacea</i> nd		6,36	7,90	11,70	6,83	3,33	4,51	3,01	7,52	2,15	7,01	1,59	1,34	2,34	2,69	3,28	5,84	2,92	1,52	1,26	1,52
	<i>Diastylis</i> sp		1,17	1,01	0,67		0,83			0,51	1,14	0,67	0,51			1,26				0,25		
	<i>Eudorella nana</i>	Lim	3,67																			
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt	6,85	5,21	12,89	9,50	7,33	2,67	5,01	16,02	4,43	9,84	2,69	3,27	3,01	4,79	5,30	9,27	0,59	1,01	0,75	3,46
	<i>Iphinoe serrata</i>	DE	1,01	1,17	1,33	0,67	0,67	0,67	1,84	0,67			0,42			0,76	0,76	0,33	1,00		0,51	0,22
	<i>Iphinoe</i> sp									0,67								1,01		0,25	0,25	0,22
	<i>Leucon affinis</i>	Lim						0,67				0,67										
	<i>Leucon mediterraneus</i>	C	4,52	3,35	4,02	2,00	0,67	0,83		0,67				0,17		0,25					0,17	0,22
	<i>Leucon siphonatus</i>	Lim						1,33		2,67	0,57	2,51							0,33			

Tab. 3-XV – Continuo.

Stazioni	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	K11	K12	K13	
Distanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926	
Crostacei																					
Decapodi	<i>Achaeus gracilis</i>	AP	1,01																		
	<i>Alpheus glaber</i>	VTC					0,67								0,25		0,67	0,25	0,75		
	<i>Anapagurus bicomiger</i>	Lim				0,83															
	<i>Anapagurus</i> sp		0,51	0,51				0,67	0,57				0,33	0,17	0,51				0,92		
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim									0,17	0,75	0,42	1,01	0,76	0,59	0,67	0,25	0,50	0,65	
	<i>Ebalia deshayesi</i>	DC	1,34	1,01	0,67			0,51	1,33			0,17		0,17	0,25				0,25	0,51	
	<i>Galathea</i> sp			7,07	1,33	1,33	0,67			8,19	0,51								0,25	0,25	
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC					0,67	0,51											0,25		
	<i>Liocarcinus maculatus</i>	Sab	0,51	0,51	0,51		0,67	1,33			1,17		0,33	0,50			0,33	0,67			
	<i>Monodaeus couchi</i>	Lre																	0,25		
	<i>Philocheiras sculptus</i>	SGCF			0,51																
	<i>Processa</i> sp			1,17					0,67			0,17		0,17							0,65
	<i>Solenocera membranacea</i>	VB				0,67									0,25					0,17	
	Isopodi	<i>Eurydice</i> sp			0,67			0,51	2,34						0,25						
<i>Gnathia</i> sp			4,55	0,51	0,67	2,67	0,83			1,33	1,33		0,67	1,77	0,17	0,51	1,09	1,52	1,09	0,33	
	<i>Idotea metallica</i>	Sd																		0,22	
Misidacei	Misidiacea nd										0,17				0,25			0,51			
Ostracodi	Ostracoda nd	2,02	4,36	0,67	2,17	1,33	11,90	1,84	1,17	6,30	0,67	0,17	0,84	1,09	0,51	1,25	1,84	1,77	0,50	0,65	
Tanaidacei	<i>Apeudes latreillii</i>	Minut	4,19	4,71	2,34	1,50	4,00	0,51	5,33		8,37	3,85	2,09	6,61			3,00	13,89	1,92	2,81	
	<i>Leptocheilia savignyi</i>	C	3,53	2,18	1,17	3,50	2,00	0,51	0,67	1,84	0,57	2,00	2,60	1,01	2,01	1,26	1,01	3,60	1,51	2,78	1,43
Echinodermi																					
Asteroidei	<i>Astropecten irregularis</i>	DC					0,51														
Echinoidei	<i>Brissopsis lyrifera</i>	VB									0,25				0,25						
	<i>Schizaster canaliferus</i>	Lim									0,25										
Ofiuroidei	<i>Amphiura chiajei</i>	VTC	7,18	3,54	2,34	1,33	1,33	0,51	0,51	0,67	1,73	0,67	0,25	0,17	0,17	1,93	1,01	0,33	0,51	0,22	
	<i>Ophiotrix fragilis</i>	Lre					0,67						0,25								
Oloturoidei	<i>Ophiura albida</i>	DC	2,18	2,85	6,36	3,50	3,50	3,35	3,17	2,02	4,57	3,01	0,25	0,42	0,59	2,26		0,67		0,17	
	<i>Holothuria forskali</i>	Lre					1,33	1,67	0,51			0,51		0,42				0,25	0,25	0,25	
	Holothuriodea nd		0,84												0,25	0,25		0,25		0,25	
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC	0,84	0,51										0,25	0,25					0,17	0,22
	<i>Thyone fusus</i>	DE		0,67		0,67				0,57											0,22
	<i>Trachythone tergestina</i>	VTC			0,67	0,67															0,22
Molluschi																					
Bivalvi	<i>Abra prismatica</i>	DC	0,51		0,67			0,67		0,67	0,92	0,51	0,17			0,92	1,51		0,59	0,22	
	<i>Anomia ephippium</i>	Lre		7,07	0,51		2,00		2,16	3,54								0,25	0,51		
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt											0,25								
	<i>Cardiomya costellata</i>	DL		0,51		0,67		0,51		0,57	0,25										
	<i>Chlamys varia</i>	DC		1,01						2,87	1,52			0,17							
	<i>Clausinella brogniartii</i>	SGCF	1,17	0,51		0,67	0,67										0,33				
	<i>Corbula gibba</i>	MI							2,29	2,51	1,26	1,51	1,76		0,51	0,92	0,59	0,51			
	<i>Ctena decussata</i>	Mixt				0,67															
	<i>Gari fervensis</i>	DC			0,51							0,25	0,17						0,25	0,17	
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd			0,51	0,67															
	<i>Hiatella rugosa</i>	Sd	0,33			0,83		1,17		1,71											0,22
	<i>Kellia suborbicularis</i>	DC							0,67										0,25	0,17	
	<i>Kelliella abyssicola</i>	Sm										0,25									
	<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC	0,51																		
	<i>Lembulus pellus</i>	MI					0,67														
	<i>Modiolarca subpicta</i>	AP		2,69	1,17	1,33		2,01	0,67	3,58	0,67					0,25					
	<i>Modiolula phaseolina</i>	DC		1,52			2,00	1,68	2,34	0,51	2,01	0,67									
	<i>Myrtea spinifera</i>	MO	12,61	8,04	12,75	16,67	11,50	16,75	7,19	19,72	9,87	9,70	5,13	2,93	3,26	4,79	5,81	7,86	7,26	4,04	2,34
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lre							0,67													
<i>Nucula nitidosa</i>	Lim	0,67		1,33	1,33		0,51	0,67	1,33	1,14		0,67	0,67	0,67		1,26	1,76	0,67	0,25	0,17	1,08

Tab. 3-XVI – Lista e biomassa (gr/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nell’inverno 2012. Per ogni sito è anche riportato il numero totale di specie. * = P < 0,001 gr/0,095 m².

Stazioni	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	K11	K12	K13
Distanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926
Briozoi																				
<i>Amathia semiconvoluta</i>	3,205	10,266	0,245	0,293	0,295	1,428	0,227	0,331	14,400	2,252	0,021	0,084	0,035	81,000	0,006	0,056	0,158	1,130	0,009	0,010
Cnidari																				
Antozoi																				
Actinaria nd			0,045		0,083			0,366	0,140								0,045	0,359		
<i>Alcyonium palmatum</i>		6,090	4,441								0,835							6,675		
Epizoanthus sp		0,128			0,087	0,003					0,011							0,014	0,002	
Madreporaria nd				1,539	1,005	0,012		0,092												
Pennatula rubra															0,888					
Stolonifera nd	0,012	0,003	0,002		0,018			0,002	0,009	0,001			*				0,006			
Hydroidea nd	0,029	0,167	0,011	0,215	0,002	*		0,016	0,631	0,048	0,024	0,006	*	*	0,128	0,053	0,000	0,023		*
Idrozoi																				
Crostacei																				
Anfipodi																				
<i>Ampelisca diadema</i>	0,003	0,001	0,005	0,005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,007	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
<i>Apherusa</i> sp			*						0,001	0,002		0,000						*		
<i>Caprella</i> sp	*	0,002		*		0,001												*		
<i>Corophium</i> sp	0,002		0,002	0,002		0,003	*			*	*	*	*	0,001	*	*		*	0,001	*
<i>Dexamine spinosa</i>																		*		
<i>Erichthonius brasiliensis</i>										*								*		
<i>Eriopisa elongata</i>	*																	*		
<i>Eusirus longipes</i>					0,006								0,001					*		
<i>Gammaropsis</i> sp	*																	*		
<i>Halice walkeri</i>						*	*	*										*		
<i>Harpinia dellavallei</i>	0,002	*	0,001	0,001	*	*	*	0,003	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	0,001	*
<i>Hippomedon massiliensis</i>	*							0,003										*		
<i>Iphimedia</i> sp	0,002	0,015	*		*	0,001		*	0,010	0,004	*							*		
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>									*			*			*	*		*		
<i>Leucothoe</i> sp															*	*		*		
<i>Lysianassa</i> sp		0,100			0,002				0,030	0,002	0,001							0,016		
<i>Melita gladiosa</i>									0,002	0,003								*		
<i>Metaphoxus simplex</i>		*											*					*		
<i>Monoculodes carinatus</i>		*	*					0,001										*		
<i>Orchomene grimaldii</i>	*	0,001		0,002			0,001		0,002	*	*			*	*	*		*		
<i>Pariambus typicus</i>									*									*		
<i>Peltocoxa</i> sp									*									*		
<i>Periculodes longimanus</i>	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	
<i>Perrierella audouiniana</i>									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Photis longicaudata</i>	*	*	*	*	*	*	0,001	*	0,002	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Phtisica marina</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Prachynella mediterranea</i>				*														*		
<i>Pseudoprotella phasma</i>		0,001				0,005	0,009	*	0,005				*					0,001		
<i>Stenothoe</i> sp	*	*							0,004	*		*						*		
<i>Synchelidium haplocheles</i>		*																*		
<i>Urothoe</i> sp			*	*	*	0,001	0,001	*	0,002		*							*		
<i>Westwoodilla rectirostris</i>	0,001		*	0,001	0,001	*	*	*	0,002	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Copepodi																				
Copepoda nd	*		0,001	*	0,001	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*
<i>Bodotria scorpoides</i>	*		*					*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cumacei																				
Cumacea nd	*	*	0,006	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001	*	0,001	*	*	*	0,009	*	0,001	*	*	*	0,001
<i>Diastylis</i> sp	0,001	0,001	0,001			0,001		0,001	0,005	0,001	*	*	*		*			*	*	
<i>Eudorella nana</i>	*																	*	*	*
<i>Eudorella truncatula</i>	*	*	0,001	0,002	0,001	*	0,001	0,001	0,001	0,001	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*
<i>Iphinoe serrata</i>	*	0,001	*	*	0,001	*	0,001	*			*	*	*	0,001	0,001	0,000	0,001	*	0,001	*
<i>Iphinoe</i> sp								0,001								0,001		*	*	*
<i>Leucon affinis</i>							*			*								*	*	*
<i>Leucon mediterraneus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Leucon siphonatus</i>							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tab. 3-XVI – Continuo.

azioni	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	K11	K12	K13
istanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926
ostacei																				
Decapodi		0,005					0,011								0,072		0,029	0,010	0,207	
	<i>Achaeus gracilis</i>																			
	<i>Alpheus glaber</i>																			
	<i>Anapagurus bicorniger</i>					0,120														
	<i>Anapagurus sp</i>	0,004	0,003					0,004	0,001						0,016				0,001	
	<i>Callinassa subterranea</i>										0,002	0,017	0,056	0,006	0,007	0,014	0,004	0,008	0,001	0,007
	<i>Ebalia deshayesi</i>	0,016	0,002	0,002				0,008			0,001		0,002	0,003				0,001	0,002	
	<i>Galathea sp</i>		0,032	0,005	0,021	0,006			0,038	0,002								*		
	<i>Goneplax rhomboides</i>						0,009											0,009		
	<i>Liocarcinus maculatus</i>	0,001	0,002	0,006		0,011	0,020			0,012		0,002	0,007			0,000	0,014	*		
	<i>Monodaeus couchi</i>																			
	<i>Philocheas sculptus</i>			0,004																
	<i>Processa sp</i>		0,009					0,002			*		*							0,061
	<i>Solenocera membranacea</i>				0,248										0,176					0,144
Isopodi	<i>Eurydice sp</i>		*				*	0,003			*	*	*	*	*	*				*
	<i>Gnathia sp</i>	0,001	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*				*
	<i>Idotea metallica</i>															0,004				
Misidacei	Misidiacea nd										*	*	*	*	0,000	*	*	*	*	*
Ostracodi	Ostracoda nd	*	0,003	*	0,001	*	0,007	0,001	*	0,004	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Tanaidacei	<i>Apsuedes latreillii</i>	0,006	0,002	0,001	0,002	0,008	0,001	0,003	*	*	0,005	0,003	0,002	0,001	*	*	0,002	0,007	*	0,001
	<i>Leptochelia savignyi</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
hinodermi																				
Asteroidei	<i>Astropecten irregularis</i>						1,808													
Echinoidei	<i>Brissopsis lyrifera</i>												0,675		0,083					
	<i>Schizaster canaliciferus</i>												0,007							
Ofiuroidei	<i>Amphiura chiajei</i>	0,003	0,005	0,001	0,001	0,001	0,027	0,006	*	0,003	*		0,046	*	*	0,002	*	*	*	*
	<i>Ophiotrix fragilis</i>						0,000						0,001							
	<i>Ophiura albida</i>	0,001	0,002	0,011	0,003	*	0,004	0,005	0,002	0,029	0,001	0,005	0,001	*	0,004	*			0,001	
Oloturoidei	<i>Holothuria forskali</i>																			
	Holothuriodea nd	0,004				0,001	0,003	0,001			*		*		*	0,005		0,008		
	<i>Labidoplax digitata</i>	0,002	0,011											0,005	0,005				0,008	0,027
	<i>Thyone fusus</i>		0,002		0,004				0,007											
	<i>Trachythione tergestina</i>			0,014	0,024															0,037
Molluschi																				
Bivalvi	<i>Abra prismatica</i>	0,001			0,000			0,013		*	0,002	0,001	0,001			*	0,001	*	0,001	0,006
	<i>Anomia ephippium</i>		0,004	0,001		0,002		0,002	0,002				0,013					*	0,001	
	<i>Azorinus chamasolen</i>																			
	<i>Cardiomya costellata</i>		0,008		0,004		0,004		0,002		0,002	0,013								
	<i>Chlamys varia</i>		0,002						0,103	0,006			*							
	<i>Clausinella brogniartii</i>	1,691	0,017		0,884	0,084										0,425	0,000	0,002	*	
	<i>Corbula gibba</i>							0,002	*	0,001	0,001	0,001		0,000	0,000		0,002	*		
	<i>Ctena decussata</i>					*					0,003	0,002						0,003	0,008	
	<i>Gari fervensis</i>			0,003																
	<i>Hiatella arctica</i>			0,001	*															
	<i>Hiatella rugosa</i>	0,002			0,003		0,003		0,006											*
	<i>Kellia suborbicularis</i>							*										*	*	
	<i>Kellia abyssicola</i>										*									
	<i>Kurtiella bidentata</i>	0,001																		
	<i>Lembulus pellus</i>					0,010														
	<i>Modiolarca subpicta</i>		0,004	0,001	*		0,002	*	0,005	*					*					
	<i>Modiolula phaseolina</i>		0,002			0,004	0,002	0,014	*	0,002	*									
	<i>Myrtea spinifera</i>	0,562	0,097	0,170	0,267	0,288	0,459	0,072	0,085	0,174	0,050	0,086	0,071	0,065	0,109	0,164	0,152	0,251	0,041	0,083
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>							0,001												
	<i>Nucula nitidosa</i>	0,002		0,001	0,016		0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002		0,005	0,005	0,003	*	0,001	0,003

Tab. 3-XVI – Continuo.

Stazioni	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	K11	K12	K13
Dsistanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926	100	60	30	0	30	60	100	926	926	926
Molluschi																				
Bivalvi								0,001												
	<i>Paphia aurea</i>							0,001												
	<i>Parvicardium minimum</i>	0,007	0,005	0,008		0,008	0,001	0,033	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	*	0,001	0,002	0,002	*	*	*
	<i>Phaxas adriaticus</i>	*	0,001	0,032	0,009	0,001	0,005	0,018	0,053	0,048	0,002	0,020	0,006	0,026	0,048	0,022	0,044	0,013	0,027	*
	<i>Pitar rudis</i>	0,001		0,460				0,037	0,001		0,001	*						0,001		*
	<i>Plagiocardium papillosum</i>																			*
	<i>Saccula commutata</i>																		0,005	
	<i>Saccula illirica</i>							0,002			0,001									
	<i>Similipecten similis</i>				0,000						0,001			*	*					0,001
	<i>Tellina distorta</i>							0,003	0,021	0,012			0,004		0,208		0,008			
	<i>Tellina serrata</i>							0,149			0,031									
	<i>Thyasira flexuosa</i>			*				*			0,001	*	*	*	0,001	0,003				
	<i>Thyasira succisa</i>	0,002		*	0,001	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	<i>Timoclea ovata</i>		0,003	0,007	0,000	*	0,081	0,002	0,070	0,009	0,013	0,233	0,017	0,051	0,055	0,024	0,215	0,012	0,035	0,014
Caudofoveati	<i>Falcidens gutturosus</i>	0,026	0,020	0,027	0,020	0,035	0,038	0,027	0,010	0,024	0,013	0,013	0,017	0,010	0,020	0,014	0,023	0,019	0,013	0,016
Gasteropodi	<i>Alvania sp</i>			*													0,001			
	<i>Calyptrea chinensis</i>			0,018				0,025		0,005							0,022			
	<i>Cylichna cylindracea</i>	0,007	0,008	0,003			0,002	0,016	0,004	0,012	0,006	0,001	0,001	*	0,001	0,001	0,002	0,007	*	0,001
	<i>Epitonium commune</i>														0,012					*
	<i>Eulima bilineata</i>	*	*		*		0,001		0,001		0,001	*	*	*	*	*			*	*
	<i>Hyalia vitrea</i>										*	*	*	*	*	*	*			
	<i>Mangelia coarctata</i>	0,024					0,004	0,002	0,006	0,004	0,003			0,001		0,001	0,003			0,005
	<i>Melanella polita</i>		*																	
	<i>Nassarius pygmaeus</i>	0,011																		
	<i>Nudibranchia nd</i>	0,001	0,012		0,004	*				0,002	0,012									
	<i>Odostomia sp</i>										*	*	*		*					
	<i>Philine aperta</i>	*																		
	<i>Polinices nitida</i>	0,005								0,007		0,003		0,003	0,012		0,003		0,014	
	<i>Raphitoma sp</i>	0,005	0,001				0,001			0,002	*	0,010	0,001		0,005	0,002	0,001	0,005		
	<i>Trophonopsis muricatus</i>	0,017	0,020		0,055		0,022	0,004	0,009	0,036	0,019		0,012	0,007	0,001	0,031	*	0,007	0,008	0,059
	<i>Turritella communis</i>	0,017			0,006			0,080	0,003	0,026			0,026	0,123	0,345			0,107	0,095	0,054
Scafopodi	<i>Antalis inaequicostata</i>						0,054	0,002			0,044	0,001		*		0,001				0,001
Nemertini																				
	<i>Nemertea nd</i>	0,004	0,005	0,008	0,001	0,017	0,001	0,010	0,092	0,014	0,016	0,004	0,016	0,005	0,006	0,002	0,022	0,015	0,023	0,003
Picnogonidi																				
	<i>Pycnogonida nd</i>	0,001	0,003	*		0,002	0,004	*	0,001	*			*	*	*	*				*
Policheti																				
	<i>Ampharete acutifrons</i>	0,016	0,004	0,016	0,006	0,016	0,011	0,016	0,012	0,009	0,008	0,002	0,003	0,004	0,014	0,007	0,005	0,010	0,013	0,005
	<i>Ampharetidae nd</i>		*	0,018	0,001	0,005	0,002	0,007	0,004	0,008	0,003	0,001	0,002	0,004	0,006	0,002	0,007	0,001	*	*
	<i>Amphiteis gunneri</i>	*	*		*	*														*
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>				*										*		*			*
	<i>Aphelocheata filiformis</i>	0,003	0,001	0,001	0,004	0,006	0,003	0,006	0,010	0,004	0,003	0,006	0,002	0,003	0,001	0,007	0,005	0,004	0,003	0,001
	<i>Aphelocheata marioni</i>	*	0,001	*	*	0,003	0,005	0,002	0,003	0,004	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003	0,004	0,001	0,002	0,001
	<i>Aphroditidae nd</i>		0,001		0,001					*	0,001	0,002				0,001				
	<i>Aponuphis brementi</i>	0,131	0,019	0,092	0,028	0,045	0,078	0,048	0,028	0,035	0,039	0,055	0,036	0,041	0,127	0,103	0,072	0,037	0,013	0,047
	<i>Arabella geniculata</i>			0,010			0,018						0,003				0,005			
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	0,004		0,004	0,001	0,004	0,017	0,008	0,009	0,003	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,011	0,005	0,002	0,003
	<i>Chirimia biceps</i>										0,002	0,001	0,003			0,003	0,007			*
	<i>Cirratulidae nd</i>			*	0,004						0,001									*
	<i>Ditrupa arietina</i>		0,002	0,012	*	0,007	0,002	0,009	0,078	0,014	0,062	0,164	0,135	0,101	0,265	0,165	0,137	0,084	0,058	0,044
	<i>Dilonereis filum</i>	0,001	0,002	0,001	0,004	0,008	0,009	0,009	0,008	0,008	0,002	0,002	*	*	0,039	0,016	0,005	0,005	0,001	0,001
	<i>Eunice vittata</i>	0,008					*					0,009		0,010						
	<i>Flabelligeridae nd</i>	*	*	0,004	*		0,016	0,001	0,012	0,006	0,001	0,029	*	*	*	0,001	0,029		*	0,004
	<i>Glyceria rouxii</i>	0,041	0,162	0,038	0,003	0,084	0,352	0,079	0,151	0,103	0,041	0,025	0,030	0,011	0,033	0,230	0,203	0,148	0,037	0,013
	<i>Goniada maculata</i>	0,012	0,009	0,015	0,014	0,028	0,012	0,017	0,008	0,005	0,011	0,009	0,018	0,007	0,017	0,026	0,021	0,006	0,009	0,004
	<i>Harmothoe sp</i>	*	0,001	0,003	*	*	*	0,005	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Hyalinoecia tubicola</i>			0,002	0,007		0,016	0,004		0,001						0,001				0,002

3.3.2. AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Analogamente a quanto osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2013b), i popolamenti rinvenuti nelle singole stazioni nell'inverno 2012 sono risultati costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile, con una predominanza di taxa limicoli (Lim) ovunque (Tab. 3-XVIIa). Altri gruppi ecologici importanti come numero di taxa sono stati i sabulicoli (Sab), i misticoli (Mixt) e gli indicatori di materia organica (MO) nei sedimenti. Da rilevare la quantità di specie di fondo duro in D2 e K10, rappresentate principalmente da molluschi e policheti (Tab. 3-XV).

Considerando il numero di individui appartenenti a ciascuna categoria ecologica (Tab. 3-XVIIb), i limicoli hanno rappresentato il secondo o terzo gruppo più importante (eccetto in D1, E4 ed E5), preceduti dagli indicatori di materia organica nei sedimenti lungo D, nei controlli K8-K10, in due siti di E e nei controlli K11-K12. La Biocenosi dei fondi mobili instabili (MI), alla quale afferisce *D. arietina*, ha invece prevalso nel tratto E1-E3 e nel controllo K13, costituendo il secondo gruppo principale in E4.

Tab. 3-XVII – Affinità bionomica dei taxa determinati a livello di specie rinvenuti nell'inverno 2012. a = numero di specie; b = n. ind. 0,095 m⁻². In giallo è riportato il gruppo più numeroso in ogni stazione. Per la legenda delle biocenosi si rimanda alla Tab. 3-XV. D4 ed E4 = siti posti in corrispondenza del sea-line; K = controlli.

a)

		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	K11	K12	K13
Substrato mobile	Non riportato in letteratura (Sm)	2			1	1	1	1	1	3	2	1		1	1	2	1				2
	Limicolo (Lim, VTC, VB)	29	18	18	23	19	23	26	19	16	18	24	20	20	24	25	22	20	19	20	20
	Sabulicolo (Sab, SFBC)	18	10	14	9	12	12	16	14	13	13	12	13	11	9	13	14	12	13	11	
	Misticolo (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	10	16	14	12	9	9	12	15	14	10	16	10	9	11	9	13	8	11	14	8
	Glareicolo			1	1		1	1							1				1		
	Indicatore di fondi mobili instabili (MI)		1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	1	1
	Minuticolo	2	1	1	1	2	1		1		1	1	1	1	1	2			1	1	1
Indicatore di materia organica (MO)	9	10	9	9	10	10	9	10	9	10	11	12	11	8	10	11	10	9	11	10	
Substrato duro (Sd, AP, C)		7	9	5	7	4	6	5	6	6	10	4	4	5	5	5	6	4	3	6	6
Larga ripartizione ecologica (Lre)		5	5	6	4	3	8	4	5	7	4	6	4	3	6	4	4	2	6	4	2

B)

		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	K11	K12	K13
Substrato mobile	Non riportato in letteratura (Sm)	2,85			0,67	0,67	0,83	0,51	1,33	2,01	1,52	0,25		0,33	0,25	0,51	0,92				0,87
	Limicolo (Lim, VTC, VB)	80,69	55,64	70,83	69,67	92,00	80,33	72,04	72,40	47,95	74,55	41,70	32,89	31,47	48,83	55,56	59,09	42,57	35,35	26,96	27,27
	Sabulicolo (Sab, SFBC)	32,89	21,82	75,96	49,17	78,17	59,91	45,35	48,57	41,89	61,01	25,49	19,96	22,84	22,47	24,49	28,70	23,27	18,69	16,02	14,07
	Misticolo (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	20,94	24,85	42,32	28,00	25,83	20,77	25,25	42,57	24,47	28,40	12,35	8,38	10,71	18,30	13,38	19,29	10,02	8,84	6,53	9,31
	Glareicolo			0,67	0,67		0,67	0,67							0,25						
	Indicatore di fondi mobili instabili (MI)		1,01	4,00	1,33	8,33	3,84	3,01	138,69	6,29	50,28	105,75	72,54	68,19	45,04	34,60	27,04	33,12	25,76	28,10	99,57
	Minuticolo	4,86	4,71	2,34	1,50	4,67	0,51		5,33		0,67	8,37	3,85	2,09	6,86			3,00	13,89	1,92	2,81
Indicatore di materia organica (MO)	64,73	64,06	84,08	98,33	97,67	113,65	93,41	110,63	70,91	99,78	67,90	28,84	40,93	39,20	53,79	61,36	70,27	59,34	37,62	49,57	
Substrato duro (Sd, AP, C)		12,06	14,79	8,55	12,50	6,17	9,02	6,20	8,34	11,60	12,53	4,44	2,77	3,51	21,22	2,02	5,69	4,09	4,04	3,36	2,60
Larga ripartizione ecologica (Lre)		7,70	12,44	10,04	5,33	2,00	12,38	14,95	11,17	20,47	14,73	7,72	5,03	4,60	5,54	7,58	6,52	4,68	7,07	1,93	3,90

3.3.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 18 taxa che complessivamente hanno costituito il 62% delle comunità rinvenute nell'inverno 2012, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.7).

E' da sottolineare che lungo il transetto D tutti i taxa considerati, pur essendo i principali, non sono risultati fortemente dominanti nelle varie stazioni. Ad esempio, i policheti sabellidi, risultati primo taxon da D3 a D6, hanno rappresentato al massimo il 16,8% del popolamento (D3). Paraonidae nd, *Lysianassa* sp e Sipuncula nd sono invece risultati i taxa principali in D1, D2 e D7 rispettivamente con l'8,7%, l'8,2% e il 7,8%. Una situazione analoga a quella di D è stata riscontrata nel controllo K9, dove hanno prevalso i sabellidi con solo il 4,7% seguiti da *M. cirrifera* (4,5%) e da Paraonidae nd (4,3%), mentre negli altri due riferimenti la prima specie, *D. arietina*, ha costituito porzioni decisamente più importanti delle comunità (22,6% e 9,5% rispettivamente in K8 e K10).

Per quanto concerne il transetto E, solo nel tratto E5-E7 è stata riscontrata una distribuzione delle abbondanze abbastanza equa, con le specie principali (*D. arietina* in E5 ed E6, Sipuncula nd in E7), rappresentanti rispettivamente il 12,4%, l'8,5% e il 13,2%. Negli altri siti del transetto si è registrata una dominanza marcata di *D. arietina*, che ha oscillato tra il 16,5% in E4 e il 32,1% in E2, mostrando un progressivo decremento di importanza da E2 ad E6. Questa specie ha dominato anche nei controlli K12 (16,6%) e K13, dove ha raggiunto il massimo assoluto (38,7%), mentre in K11 è risultata seconda a *M. cirrifera* (rispettivamente 10,4% e 12,4%).

Nel complesso, nonostante alcune differenze percentuali, è stata riscontrata una discreta omogeneità tra ciascun transetto e i rispettivi controlli, come anche evidenziato dalle curve di dominanza cumulativa (fig. 3.8).

E' da rilevare che la situazione riscontrata nell'inverno 2012 è rimasta pressoché invariata rispetto al monitoraggio precedente (Fabi *et al.*, 2013b), anche se lungo E e controlli corrispondenti la dominanza di *D. arietina* è apparsa più accentuata pur non raggiungendo i livelli del 2010.

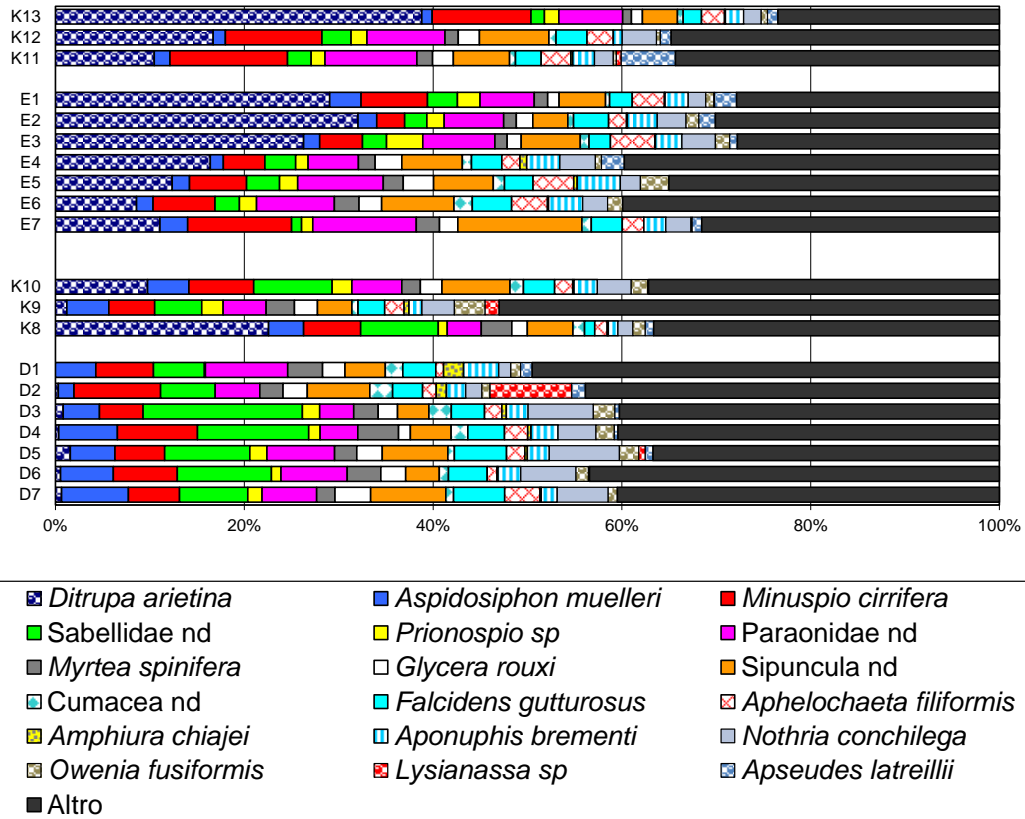


Fig. 3.7 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nell'inverno 2012. D4 ed E4 = siti posti in corrispondenza del sea-line; K = controlli.

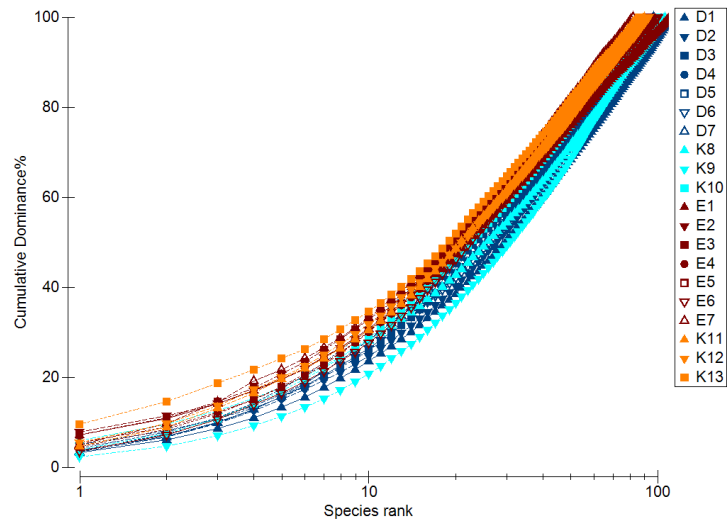


Fig. 3.8 - Curve di dominanza cumulative ottenute nell'inverno 2012.

3.3.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nell'inverno 2012 sono stati censiti complessivamente 213 taxa, principalmente policheti (74), crostacei (63), molluschi (51) ed echinodermi (11; Tab. 3-XV). Tale numero risulta simile a quello dell'estate 2011 (214; Fabi *et al.*, 2013b).

Il transetto D ha presentato un andamento decrescente da D1 (112) a D5 (91) e una ripresa in D6 (103), seguita da un'ulteriore riduzione in D7 (fig. 3.9). Ai controlli K8-K10 S è oscillata tra 99 e 106, risultando pertanto comparabile con la maggior parte dei siti del transetto.

Lungo E minimo (82) e massimo (110) sono stati raggiunti nelle due stazioni poste a 100 m di distanza. Negli altri siti S ha evidenziato valori compresi tra 93 (E2 ed E4) e 100 (E6). Presso K11-K13 sono stati contati da 86 a 93 taxa.

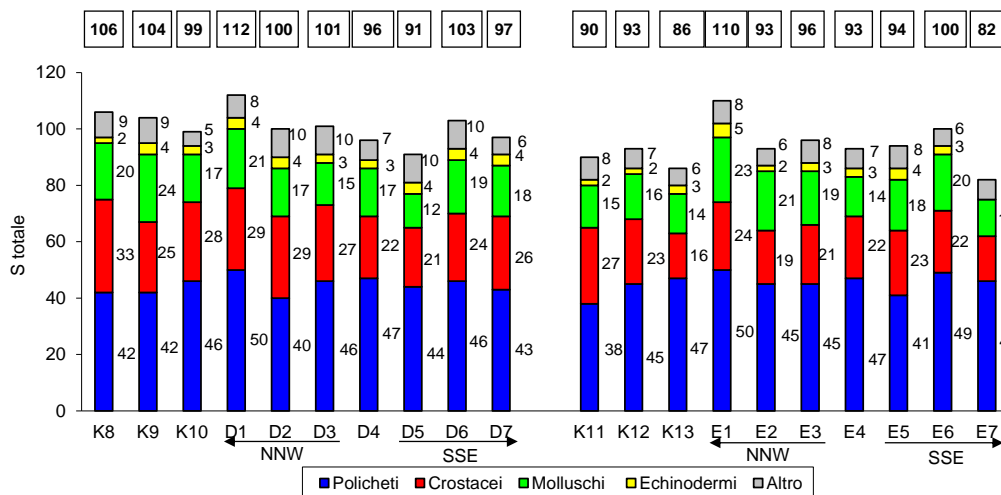


Fig. 3.9 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'inverno 2012. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri). D4 ed E4 = siti posti sul sea-line; K = controlli.

Analogamente a tutti i monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2013b), i policheti hanno rappresentato il gruppo principale in tutte le stazioni, seguiti dai crostacei e/o molluschi (fig. 3.9), mentre gli echinodermi, pur essendo stati censiti ovunque eccetto in E7, sono stati rappresentati al massimo da 5 specie (E1).

Dal punto di vista qualitativo i popolamenti rinvenuti nelle varie stazioni sono risultati piuttosto omogenei. Infatti sono state censite al massimo 3 specie esclusive in E1, rappresentanti il 2,7% della comunità osservata in quel sito (Tab. 3-XV).

3.3.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_m)

Nell'inverno 2012 i due transetti hanno presentato trend molto simili (fig. 3.10). Nonostante le oscillazioni, molte delle stazioni di ciascun transetto sono apparse comparabili a causa della variabilità tra le repliche. Inoltre, a parità di distanza dalla condotta i valori di S_m sono risultati confrontabili con le sole eccezioni dei 60 m a NNW e

dei 30 m a SSE.

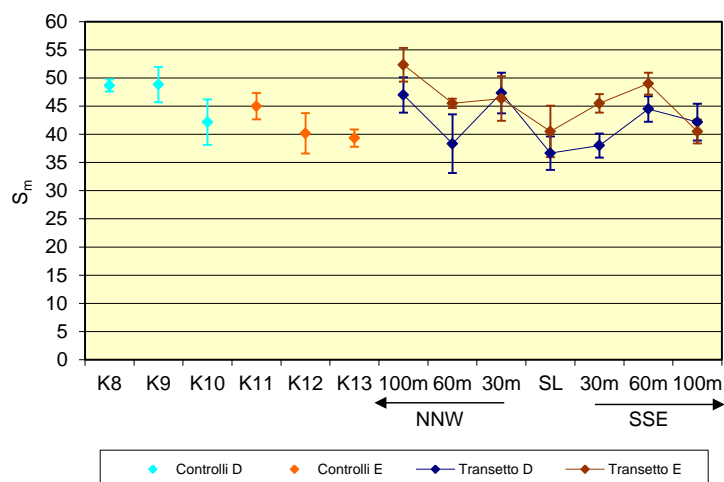


Fig. 3.10 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nel corso dell'inverno 2012.

Minimo e massimo lungo D sono stati registrati presso D5 ($38,0 \pm 2,1$) e D1 ($47,0 \pm 3,1$) rispettivamente, mentre lungo E sono stati evidenziati in E4 ($40,5 \pm 4,6$) ed E1 ($52,3 \pm 3,0$). Escludendo il massimo di E1, questi intervalli sono rientrati in quelli dei rispettivi controlli (K8-K10: $42,2 \pm 4,0 \leq S_m \leq 48,8 \pm 1,1$; K11-K13: $39,3 \pm 1,5 \leq S_m \leq 45,0 \pm 2,6$).

Rispetto al campionamento precedente (Fabi *et al.*, 2013b), la Ricchezza specifica media è rimasta pressoché stabile lungo D (eccetto D1), in E4, E7 e nei controlli K9 e K12, mentre altrove è aumentata.

3.3.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Nell'inverno 2012 è stata confermata l'elevata diversificazione delle comunità osservata sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2013b). Il transetto D è apparso caratterizzato da alcune oscillazioni, con minimo e massimo rispettivamente in D2 ($3,18 \pm 0,10$) e in D1 ($3,48 \pm 0,06$), quest'ultimo determinato dalla maggiore quantità di specie di secondaria importanza (fig. 3.11). Una certa variabilità ha riguardato anche i controlli K8-K10, dove H' è oscillato tra $3,21 \pm 0,06$ (K8) e $3,65 \pm 0,07$ (K9).

Più lineare è apparso l'andamento del transetto E, caratterizzato da un progressivo incremento da E2 ($3,00 \pm 0,05$) ad E6 ($3,47 \pm 0,02$) e da una riduzione in E7, tutte variazioni principalmente legate alla dominanza di *D. arietina*. A parte K13, in cui è stato registrato il minimo stagionale ($2,66 \pm 0,24$) a causa della forte importanza dello stesso polichete, i controlli sono risultati comparabili con la maggior parte dei siti del transetto.

A parità di distanza dalla condotta sono stati registrati valori simili in quattro stazioni su sette.

Le poche variazioni riscontrate rispetto al monitoraggio precedente hanno riguardato principalmente il transetto E e controlli corrispondenti e sono state determinate soprattutto dalle variazioni di dominanza di *D. arietina* (Fabi *et al.*, 2013b).

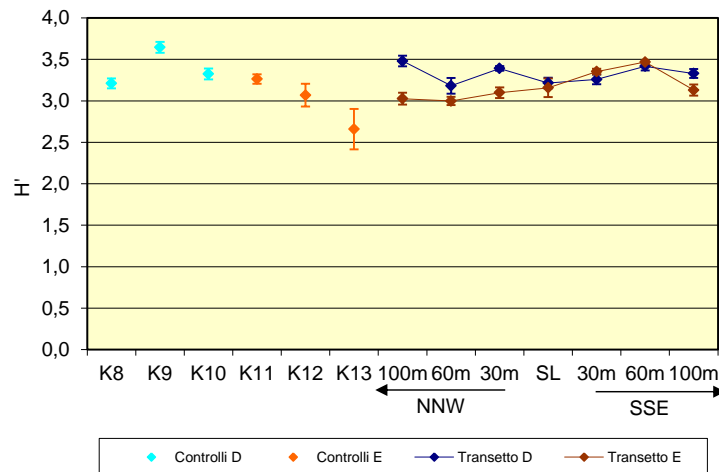


Fig. 3.11 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nell'inverno 2012.

3.3.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie rinvenute nel corso dell'inverno 2012 ha raggruppato ciascun transetto con i rispettivi controlli (similarità: 65%; fig. 3.12a), a causa dei quantitativi simili di alcuni taxa come ad esempio i sabellidi o *Myrtea spinifera*, più abbondanti nell'area del transetto D (figg. 3.12b e 3.12c), e *D. arietina* che, al contrario, è stata maggiormente rinvenuta nell'area del transetto E (fig. 3.12d). Da rilevare il distacco dei siti K9 e, soprattutto, D1 e D2 all'interno del loro cluster determinato dalla minore presenza di alcuni taxa (es.: Sabellidae nd) rispetto alle altre stazioni.

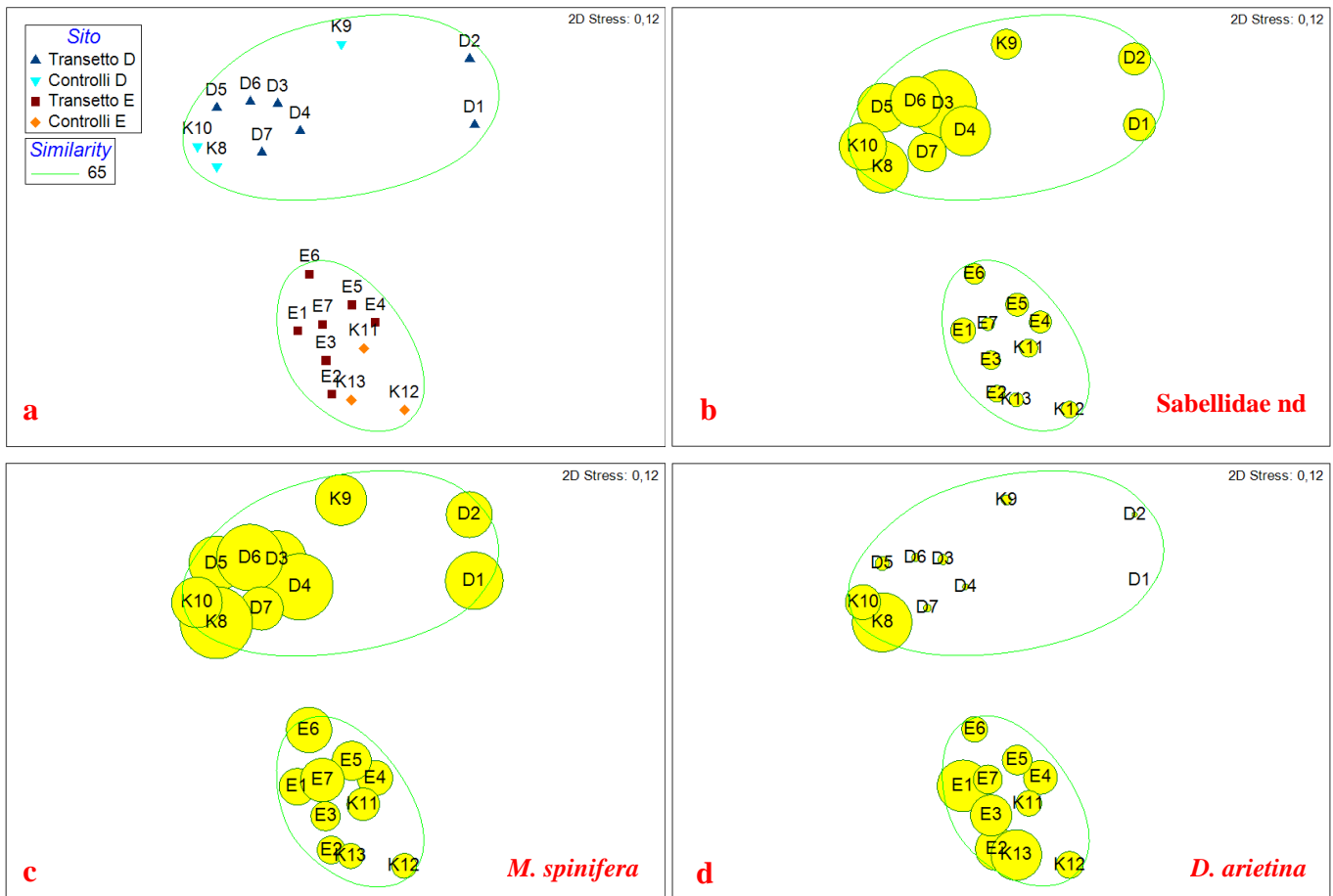


Fig. 3.12 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell’inverno 2012 tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi indicano i quantitativi delle singole specie.

3.3.8. VALUTAZIONE DELLO STATO DI STRESS DELLE COMUNITÀ

3.3.8.1 Indice W di Clarke

Il calcolo dell’indice W di Clarke nell’inverno 2012 ha evidenziato ovunque la presenza di una comunità moderatamente disturbata eccetto nel controllo K9 (leggermente disturbato), indicando un lieve peggioramento in tre stazioni del transetto D e in una del transetto E rispetto all’estate 2011 e un miglioramento al controllo K9 (Tab. 3-XVIII).

3.3.8.2 Indice AMBI

L’indice AMBI relativo all’inverno 2012 ha fornito risultati leggermente migliori in tutte le stazioni rispetto all’indice W di Clarke. Infatti, ovunque l’ambiente è risultato solo leggermente disturbato a causa di una predominanza delle specie appartenenti a I (specie molto sensibili all’arricchimento organico) o al II (specie indifferenti all’arricchimento organico) gruppo ecologico (Tab. 3-XIX). Rispetto a quanto evidenziato nell’estate 2011 si sottolinea un lieve peggioramento in D1 (già evidenziato dall’indice W), D3 e nel tratto

E4-E6, a causa di un decremento percentuale del gruppo ecologico I rispetto all'estate 2011 a vantaggio soprattutto dei gruppi ecologici III e IV, con conseguente aumento del disturbo ambientale.

3.3.8.3 Indice BENTIX

Il BENTIX è risultato più uniforme all'indice AMBI rispetto al W di Clarke per quanto riguarda il transetto D e controlli corrispondenti, dove ha evidenziato un ambiente leggermente disturbato eccetto in D3 (non disturbato; Tab. 3-XX). Per quanto concerne invece il transetto E e siti di riferimento K11-K13 è apparso per il 50% simile all'AMBI e per il restante 50% al W di Clarke.

Rispetto all'estate 2011 il transetto D e controlli corrispondenti sono rimasti sostanzialmente invariati tranne D1, D3 e D4. Maggiori variazioni sono state invece evidenziate nell'altra area, dove sono leggermente peggiorati tre siti del transetto e due controlli.

Tab. 3-XVIII - Valori dell'indice W ottenuti per il pre-survey (PS) e per i cinque monitoraggi condotti dopo la posa della condotta sottomarina (PL), dall'inverno 2010 all'inverno 2012.

	Siti	W	Classificazione del disturbo
PS	D4	0,327	Moderatamente disturbato
	K9	0,276	Moderatamente disturbato
	E4	0,278	Moderatamente disturbato
	K12	0,225	Moderatamente disturbato
I PL	D1	0,268	Moderatamente disturbato
	D2	0,255	Moderatamente disturbato
	D3	0,493	Leggermente disturbato
	D4	0,274	Moderatamente disturbato
	D5	0,348	Moderatamente disturbato
	D6	0,100	Moderatamente disturbato
	D7	0,320	Moderatamente disturbato
	K8	0,280	Moderatamente disturbato
	K9	0,367	Moderatamente disturbato
	K10	0,401	Leggermente disturbato
	E1	0,101	Moderatamente disturbato
	E2	0,080	Moderatamente disturbato
	E3	0,075	Moderatamente disturbato
	E4	0,059	Moderatamente disturbato
	E5	0,056	Moderatamente disturbato
	E6	0,031	Moderatamente disturbato
	E7	0,140	Moderatamente disturbato
	K11	0,213	Moderatamente disturbato
	K12	0,122	Moderatamente disturbato
	K13	0,030	Moderatamente disturbato
II PL	D1	0,404	Leggermente disturbato
	D2	0,368	Moderatamente disturbato
	D3	0,315	Moderatamente disturbato
	D4	0,373	Moderatamente disturbato
	D5	0,356	Moderatamente disturbato
	D6	0,307	Moderatamente disturbato
	D7	0,359	Moderatamente disturbato
	K8	0,226	Moderatamente disturbato
	K9	0,190	Moderatamente disturbato
	K10	0,300	Moderatamente disturbato
	E1	0,090	Moderatamente disturbato
	E2	0,134	Moderatamente disturbato
	E3	0,112	Moderatamente disturbato
	E4	0,107	Moderatamente disturbato
	E5	0,126	Moderatamente disturbato
	E6	1,610	Non disturbato
	E7	0,128	Moderatamente disturbato
	K11	0,205	Moderatamente disturbato
	K12	0,225	Moderatamente disturbato
	K13	0,140	Moderatamente disturbato
III PL	D1	0,165	Moderatamente disturbato
	D2	0,359	Moderatamente disturbato
	D3	0,331	Moderatamente disturbato
	D4	0,281	Moderatamente disturbato
	D5	0,188	Moderatamente disturbato
	D6	0,265	Moderatamente disturbato
	D7	0,216	Moderatamente disturbato
	K8	0,182	Moderatamente disturbato
	K9	0,166	Moderatamente disturbato
	K10	0,382	Moderatamente disturbato
	E1	0,108	Moderatamente disturbato
	E2	0,110	Moderatamente disturbato
	E3	0,299	Moderatamente disturbato
IV PL	D1	0,431	Leggermente disturbato
	D2	0,431	Leggermente disturbato
	D3	0,306	Moderatamente disturbato
	D4	0,484	Leggermente disturbato
	D5	0,221	Moderatamente disturbato
	D6	0,313	Moderatamente disturbato
	D7	0,349	Moderatamente disturbato
	K8	0,351	Moderatamente disturbato
	K9	0,277	Moderatamente disturbato
	K10	0,163	Moderatamente disturbato
	E1	0,237	Moderatamente disturbato
	E2	0,226	Moderatamente disturbato
	E3	0,251	Moderatamente disturbato
E4	0,411	Leggermente disturbato	
E5	0,215	Moderatamente disturbato	
E6	0,262	Moderatamente disturbato	
E7	0,229	Moderatamente disturbato	
K11	0,214	Moderatamente disturbato	
K12	0,179	Moderatamente disturbato	
K13	0,125	Moderatamente disturbato	
V PL	D1	0,345	Moderatamente disturbato
	D2	0,381	Moderatamente disturbato
	D3	0,300	Moderatamente disturbato
	D4	0,289	Moderatamente disturbato
	D5	0,210	Moderatamente disturbato
	D6	0,249	Moderatamente disturbato
	D7	0,267	Moderatamente disturbato
	K8	0,126	Moderatamente disturbato
	K9	0,448	Leggermente disturbato
	K10	0,259	Moderatamente disturbato
E1	0,138	Moderatamente disturbato	
E2	0,073	Moderatamente disturbato	
E3	0,079	Moderatamente disturbato	
E4	0,162	Moderatamente disturbato	
E5	0,191	Moderatamente disturbato	
E6	0,184	Moderatamente disturbato	
E7	0,113	Moderatamente disturbato	
K11	0,281	Moderatamente disturbato	
K12	0,156	Moderatamente disturbato	
K13	0,023	Moderatamente disturbato	

Tab. 3-XIX - Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito di campionamento nei sei periodi di indagine suddivise 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) e classificazione del disturbo ambientale secondo l'indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione.

	Siti	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Media AMBI	Classificazione del disturbo
PS	D4	42,2	42,7	7,6	7,5	0	1,206	Leggermente disturbato
	K9	15,9	40,0	13,1	31,0	0	2,388	Leggermente disturbato
	E4	19,8	40,1	18,9	21,2	0	2,122	Leggermente disturbato
	K12	32,9	48,5	7,1	11,5	0	1,456	Leggermente disturbato
I PL	D1	29,7	37,2	20,6	12,5	0	1,740	Leggermente disturbato
	D2	36,5	35,1	15,2	13,2	0	1,577	Leggermente disturbato
	D3	35,7	44,5	11,4	8,4	0	1,388	Leggermente disturbato
	D4	39,5	32,3	18,8	9,5	0	1,473	Leggermente disturbato
	D5	34,5	40,9	15,2	9,4	0	1,492	Leggermente disturbato
	D6	34,7	33,6	19,4	12,3	0	1,639	Leggermente disturbato
	D7	30,9	41,8	14,6	12,6	0	1,633	Leggermente disturbato
	K8	46,6	30,6	14,6	8,1	0	1,264	Leggermente disturbato
	K9	36,9	44,6	9,2	9,2	0	1,361	Leggermente disturbato
	K10	37,2	34,1	10,1	18,6	0	1,651	Leggermente disturbato
	E1	65,7	20,2	9,1	5,0	0	0,803	Non disturbato
	E2	64,8	22,2	8,4	4,6	0	0,792	Non disturbato
	E3	78,7	10,9	5,9	4,5	0	0,543	Non disturbato
E4	63,3	21,8	7,2	7,7	0	0,889	Non disturbato	
E5	78,8	11,7	6,6	2,9	0	0,504	Non disturbato	
E6	73,8	13,0	8,4	4,9	0	0,666	Non disturbato	
E7	69,9	15,1	8,0	7,0	0	0,781	Non disturbato	
K11	39,1	26,2	20,7	14,0	0	1,642	Leggermente disturbato	
K12	46,4	22,0	18,2	13,4	0	1,479	Leggermente disturbato	
K13	58,3	17,2	15,7	8,7	0	1,122	Non disturbato	
II PL	D1	35,7	47,9	10,1	6,3	0	1,305	Leggermente disturbato
	D2	34,4	49,4	12,8	3,4	0	1,278	Leggermente disturbato
	D3	37,4	41,7	12,4	8,5	0	1,381	Leggermente disturbato
	D4	27,1	57,0	9,4	6,5	0	1,431	Leggermente disturbato
	D5	33,9	48,6	10,1	7,4	0	1,366	Leggermente disturbato
	D6	32,4	44,0	12,2	11,3	0	1,535	Leggermente disturbato
	D7	33,7	44,4	12,7	9,2	0	1,462	Leggermente disturbato
	K8	28,8	46,5	16,7	8,0	0	1,558	Leggermente disturbato
	K9	55,5	33,7	6,1	4,7	0	0,898	Non disturbato
	K10	26,9	51,1	8,0	14,0	0	1,635	Leggermente disturbato
	E1	73,2	16,1	4,6	6,1	0	0,655	Non disturbato
	E2	69,5	19,4	7,2	3,9	0	0,682	Non disturbato
	E3	74,0	17,2	5,3	3,5	0	0,574	Non disturbato
E4	77,3	12,5	6,6	3,6	0	0,547	Non disturbato	
E5	71,2	16,4	6,9	5,5	0	0,700	Non disturbato	
E6	62,1	21,7	6,2	10,0	0	0,962	Non disturbato	
E7	76,7	13,4	5,6	4,3	0	0,562	Non disturbato	
K11	34,0	34,0	18,0	13,9	0	1,678	Leggermente disturbato	
K12	47,2	27,9	13,2	11,7	0	1,340	Leggermente disturbato	
K13	46,5	29,7	11,8	12,0	0	1,341	Leggermente disturbato	
III PL	D1	44,2	32,5	15,9	7,4	0	1,297	Leggermente disturbato
	D2	40,2	39,8	11,0	9,0	0	1,330	Leggermente disturbato
	D3	40,5	39,8	11,7	8,0	0	1,307	Leggermente disturbato
	D4	33,9	44,7	12,9	8,5	0	1,440	Leggermente disturbato
	D5	37,5	40,3	14,4	7,7	0	1,386	Leggermente disturbato
	D6	32,5	39,2	14,1	14,1	0	1,649	Leggermente disturbato
	D7	40,4	40,9	9,3	9,5	0	1,318	Leggermente disturbato
	K8	40,3	35,6	15,7	8,4	0	1,382	Leggermente disturbato
	K9	39,3	34,0	13,2	13,6	0	1,516	Leggermente disturbato
	K10	28,9	36,4	19,0	15,7	0	1,823	Leggermente disturbato
	E1	40,9	26,8	19,8	12,5	0	1,558	Leggermente disturbato
	E2	42,2	24,3	19,3	14,2	0	1,583	Leggermente disturbato
	E3	37,5	36,1	14,8	11,6	0	1,509	Leggermente disturbato
E4	51,5	34,9	6,7	6,9	0	1,035	Non disturbato	
E5	38,2	25,8	19,5	16,4	0	1,711	Leggermente disturbato	
E6	39,2	31,8	14,6	14,4	0	1,564	Leggermente disturbato	
E7	49,8	25,4	11,6	13,3	0	1,324	Leggermente disturbato	
K11	24,0	38,2	17,5	20,3	0	2,012	Leggermente disturbato	
K12	39,6	25,5	24,5	10,4	0	1,587	Leggermente disturbato	
K13	31,2	41,7	13,7	13,4	0	1,640	Leggermente disturbato	

Tab. 3-XIX - Continuo.

	Siti	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Media AMBI	Classificazione del disturbo
IV PL	D1	49,3	36,1	8,2	6,4	0	1,075	Non disturbato
	D2	40,4	39,5	10,4	9,7	0	1,341	Leggermente disturbato
	D3	36,7	43,8	7,3	12,2	0	1,426	Leggermente disturbato
	D4	63,1	29,9	4,6	2,2	0,2	0,696	Non disturbato
	D5	29,5	49,2	10,7	10,6	0	1,537	Leggermente disturbato
	D6	37,3	40,5	12,6	9,6	0	1,418	Leggermente disturbato
	D7	32,3	41,3	14,7	11,7	0	1,589	Leggermente disturbato
	K8	34,0	36,6	10,9	18,5	0	1,709	Leggermente disturbato
	K9	40,5	40,0	9,6	9,8	0	1,332	Leggermente disturbato
	K10	32,8	39,1	13,5	14,7	0	1,651	Leggermente disturbato
	E1	42,0	33,9	13,2	10,9	0	1,397	Leggermente disturbato
	E2	40,9	34,5	13,9	10,7	0	1,416	Leggermente disturbato
	E3	48,7	29,7	13,2	8,4	0	1,221	Leggermente disturbato
V PL	E4	53,8	35,0	7,9	3,2	0	0,909	Non disturbato
	E5	50,2	34,6	9,4	5,7	0	1,059	Non disturbato
	E6	55,8	30,2	10,4	3,6	0	0,928	Non disturbato
	E7	41,0	29,7	16,5	12,7	0	1,515	Leggermente disturbato
	K11	49,3	24,0	13,5	13,2	0	1,359	Leggermente disturbato
	K12	44,1	32,5	14,7	8,7	0	1,320	Leggermente disturbato
	K13	36,7	31,4	16,1	15,8	0	1,664	Leggermente disturbato
	D1	30,3	45,1	16,8	7,8	0	1,531	Leggermente disturbato
	D2	43,9	34,9	11,1	10,1	0	1,310	Leggermente disturbato
	D3	28,2	56,7	8,8	6,4	0	1,400	Leggermente disturbato
D4	29,4	48,7	11,1	10,8	0	1,550	Leggermente disturbato	
D5	32,3	46,9	12,8	8,0	0	1,448	Leggermente disturbato	
D6	30,1	48,1	11,3	10,5	0	1,532	Leggermente disturbato	
D7	37,5	40,3	15,1	7,2	0	1,379	Leggermente disturbato	
K8	50,0	33,5	8,3	8,2	0	1,121	Leggermente disturbato	
K9	41,6	40,2	10,3	8,0	0	1,269	Leggermente disturbato	
K10	42,8	38,2	8,9	10,1	0	1,296	Leggermente disturbato	
V PL	E1	53,4	21,3	15,2	10,0	0	1,227	Leggermente disturbato
	E2	54,3	26,2	13,5	6,0	0	1,069	Leggermente disturbato
	E3	51,0	25,1	16,2	7,7	0	1,209	Leggermente disturbato
	E4	43,4	34,9	13,7	7,9	0	1,292	Leggermente disturbato
	E5	40,3	34,7	16,2	8,8	0	1,404	Leggermente disturbato
	E6	41,2	31,2	16,6	11,0	0	1,459	Leggermente disturbato
	E7	43,6	23,5	17,9	15,1	0	1,568	Leggermente disturbato
	K11	34,0	26,5	22,5	17,1	0	1,839	Leggermente disturbato
	K12	43,1	25,7	17,1	14,1	0	1,534	Leggermente disturbato
	K13	55,9	18,1	12,9	13,0	0	1,246	Leggermente disturbato

Tab. 3-XX - Valori dell'indice Bentix ottenuti per il pre-survey (PS) e per i cinque monitoraggi condotti dopo la posa della condotta sottomarina (PL), dall'inverno 2010 all'inverno 2012.

	Siti	Bentix	Classificazione del disturbo		Siti	Bentix	Classificazione del disturbo				
PS	D4	4,8	Non inquinato								
	K9	4,5	Non inquinato								
	E4	3,9	Leggermente inquinato								
	K12	3,4	Moderatamente inquinato								
I PL	D1	4,0	Leggermente inquinato					III PL			
	D2	4,3	Leggermente inquinato								
	D3	4,4	Leggermente inquinato								
	D4	4,2	Leggermente inquinato								
	D5	4,3	Leggermente inquinato								
	D6	5,2	Non inquinato								
	D7	4,1	Leggermente inquinato								
	K8	3,8	Leggermente inquinato								
	K9	4,3	Leggermente inquinato								
	K10	4,0	Leggermente inquinato								
	E1	3,1	Moderatamente inquinato								
	E2	2,9	Moderatamente inquinato								
	E3	2,6	Moderatamente inquinato								
E4	3,0	Moderatamente inquinato									
E5	2,6	Moderatamente inquinato									
E6	2,7	Moderatamente inquinato									
E7	2,8	Moderatamente inquinato									
K11	3,5	Leggermente inquinato									
K12	3,3	Moderatamente inquinato									
K13	3,0	Moderatamente inquinato									
II PL	D1	4,5	Non inquinato	IV PL							
	D2	4,2	Leggermente inquinato								
	D3	4,6	Non inquinato								
	D4	4,6	Non inquinato								
	D5	4,2	Leggermente inquinato								
	D6	4,3	Leggermente inquinato								
	D7	4,1	Leggermente inquinato								
	K8	3,8	Leggermente inquinato								
	K9	3,1	Moderatamente inquinato								
	K10	3,9	Leggermente inquinato								
	E1	2,8	Moderatamente inquinato								
	E2	2,9	Moderatamente inquinato								
	E3	2,8	Moderatamente inquinato								
E4	2,7	Moderatamente inquinato									
E5	2,6	Moderatamente inquinato									
E6	2,8	Moderatamente inquinato									
E7	2,7	Moderatamente inquinato									
K11	3,4	Moderatamente inquinato									
K12	3,0	Moderatamente inquinato									
K13	3,3	Moderatamente inquinato									
	D1	4,3	Leggermente inquinato	V PL							
	D2	4,3	Leggermente inquinato								
	D3	4,2	Leggermente inquinato								
	D4	4,1	Leggermente inquinato								
	D5	4,3	Leggermente inquinato								
	D6	4,0	Leggermente inquinato								
	D7	4,4	Leggermente inquinato								
	K8	3,9	Leggermente inquinato								
	K9	4,0	Leggermente inquinato								
	K10	3,7	Leggermente inquinato								
	E1	3,3	Moderatamente inquinato								
	E2	3,3	Moderatamente inquinato								
	E3	4,0	Leggermente inquinato								
E4	4,5	Non inquinato									
E5	3,3	Moderatamente inquinato									
E6	3,4	Moderatamente inquinato									
E7	3,5	Leggermente inquinato									
K11	3,4	Moderatamente inquinato									
K12	3,5	Leggermente inquinato									
K13	3,7	Leggermente inquinato									
D1	4,16	Leggermente inquinato									
D2	4,22	Leggermente inquinato									
D3	4,50	Non inquinato									
D4	4,30	Leggermente inquinato									
D5	4,11	Leggermente inquinato									
D6	4,25	Leggermente inquinato									
D7	4,29	Leggermente inquinato									
K8	3,58	Leggermente inquinato									
K9	4,24	Leggermente inquinato									
K10	4,02	Leggermente inquinato									
E1	3,24	Moderatamente inquinato									
E2	3,22	Moderatamente inquinato									
E3	3,32	Moderatamente inquinato									
E4	3,65	Leggermente inquinato									
E5	3,70	Leggermente inquinato									
E6	3,79	Leggermente inquinato									
E7	3,50	Leggermente inquinato									
K11	3,27	Moderatamente inquinato									
K12	3,35	Moderatamente inquinato									
K13	2,84	Moderatamente inquinato									

3.3.8.4 Stato ecologico

In fig. 3.13 e in Tab. 3-XXI è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici. Nell'inverno 2012 lungo il transetto D e controlli eccetto D3 e K9 lo stato ecologico è risultato costantemente buono/moderato. Da D5 a D7 e nei controlli K8 e K10 questo risultato conferma quanto già evidenziato sin dal primo o secondo monitoraggio post lavori. Un peggioramento rispetto all'estate 2011 è stato osservato in D2, D1 e D4, più consistente in queste ultime due stazioni dove in estate era stato registrato uno stato ecologico alto/buono, mentre un lieve miglioramento è stato evidenziato in D3. Per quanto concerne il transetto E e controlli K11-K13, tutte le stazioni a NNW della condotta (E1-E3) e i riferimenti, posizionati nella medesima direzione, hanno presentato nell'ultimo survey uno stato ecologico complessivo moderato, mentre il sito sul sea-line e quelli a SSE da esso sono risultati buoni/moderati. In tutti i casi inclusi i controlli, con la sola eccezione di E7, l'area ha evidenziato un peggioramento rispetto all'estate 2011.

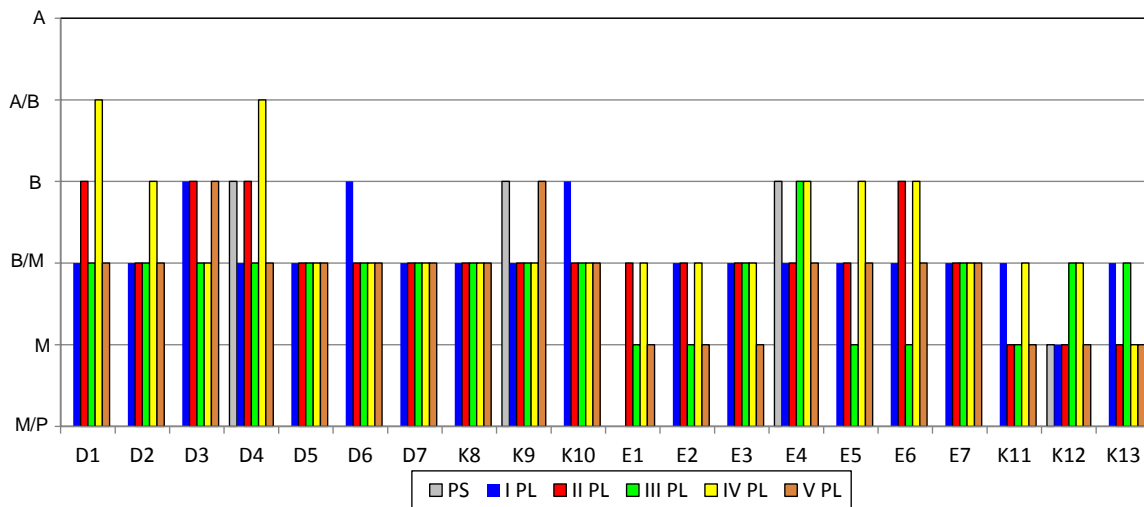


Fig. 3.13 – Variazioni temporali dello stato ecologico derivato dalla combinazione dei tre differenti indici W, Ambi e Bentix. PS = pre-survey; PL: survey effettuati dopo la fine dei lavori di posa in opera del sea-line. M/P = moderato/povero; M = moderato; B/M = buono/moderato; B = buono; A/B = alto/buono; A = alto.

Tab. 3-XXI - Continuo.

	Siti	W	BENTIX	AMBI	Stato ecologico
		Classificazione del disturbo	Classificazione del disturbo	Classificazione del disturbo	
IV PL	D1	Leggermente disturbato	Non inquinato	Non disturbato	Alto/Buono
	D2	Leggermente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono
	D3	Leggermente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono
	D4	Leggermente disturbato	Non inquinato	Non disturbato	Alto/Buono
	D5	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	D6	Leggermente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono
	D7	Leggermente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono
	K8	Leggermente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono
	K9	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	K10	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	E1	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	E2	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	E3	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
E4	Leggermente disturbato	Leggermente inquinato	Non disturbato	Buono	
E5	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Non disturbato	Buono	
E6	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Non disturbato	Buono	
E7	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato	
K11	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato	
K12	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato	
K13	Moderatamente disturbato	Moderatamente inquinato	Leggermente disturbato	Moderato	
V PL	D1	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	D2	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	D3	Moderatamente disturbato	Non inquinato	Leggermente disturbato	Buono
	D4	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	D5	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	D6	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	D7	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	K8	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	K9	Leggermente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono
	K10	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato
	E1	Moderatamente disturbato	Moderatamente inquinato	Leggermente disturbato	Moderato
	E2	Moderatamente disturbato	Moderatamente inquinato	Leggermente disturbato	Moderato
	E3	Moderatamente disturbato	Moderatamente inquinato	Leggermente disturbato	Moderato
E4	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato	
E5	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato	
E6	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato	
E7	Moderatamente disturbato	Leggermente inquinato	Leggermente disturbato	Buono/Moderato	
K11	Moderatamente disturbato	Moderatamente inquinato	Leggermente disturbato	Moderato	
K12	Moderatamente disturbato	Moderatamente inquinato	Leggermente disturbato	Moderato	
K13	Moderatamente disturbato	Moderatamente inquinato	Leggermente disturbato	Moderato	

3.4. AVVISTAMENTI DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE

Nel corso dei 18 survey effettuati nel periodo gennaio – giugno 2012 non è avvenuto alcun avvistamento di cetacei o tartarughe marine nell'area circostante il sea-line Annamaria B - Brenda.

4. CONCLUSIONI

In riferimento al GAB-DEC-2008-0000271 del 12/12/2008 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR Sede 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 Annamaria B e delle condotte sottomarine colleganti le piattaforme Annamaria B – Annamaria A e Annamaria B - Brenda.

Per quanto concerne i due sea-line, in base alle caratteristiche dell'area in cui essi sono stati installati e a quanto richiesto nella Specifica Tecnica SAOP 09/02 Rev. 1, si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio volto a valutare gli impatti indotti dalle operazioni di posa in opera delle strutture comprendente lo studio delle caratteristiche sedimentologiche (fisiche, chimiche ed ecotossicologiche) e della comunità bentonica.

Al fine di ottenere un quadro esaustivo degli effetti indotti dall'installazione delle condotte sottomarine, sulla base della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS, nel programma di monitoraggio erano stati previsti due survey precedenti la posa in opera (pre-survey) e sei survey da svolgersi durante le stagioni invernali ed estive nei tre anni di indagini successivi alla loro installazione. Non è stato possibile condurre il secondo pre-survey sulle aree destinate ad accogliere i sea-line previsto nell'estate 2009, poiché in quella stagione è avvenuta la posa delle condotte. Di conseguenza, i monitoraggi da effettuare dopo la fine dei lavori di posa in opera delle due condotte sottomarine sono iniziati nell'inverno 2010 (e non nell'estate 2010 come previsto inizialmente) e sono terminati nell'estate 2012 anziché nell'inverno 2013.

Nel corso del pre-survey è stato effettuato un monitoraggio semplificato consistente in prelievi presso due stazioni ubicate lungo il tracciato della futura condotta sottomarina e due siti di controllo posizionati a una distanza tale da non essere influenzati dalla successiva presenza del manufatto. Nel periodo successivo alla posa del sea-line sono stati campionati due transetti ortogonali ad esso di cui uno a circa 13-14 km da Annamaria B (transetto D) e uno a circa 13-14 km da Brenda (transetto E). Lungo questi transetti sono state posizionate 7 stazioni di campionamento a distanze crescenti dalla condotta. Sono stati inoltre campionati 3 siti di controllo per ciascun transetto.

Nel presente rapporto sono descritti i risultati relativi alle indagini sedimentologiche, ecotossicologiche e sulla comunità bentonica conseguiti nel primo semestre 2012 (V survey dopo l'installazione del sea-line Annamaria B – Brenda).

Caratteristiche sedimentologiche – Il sea-line Annamaria B - Brenda è collocato su un substrato costituito prevalentemente da sabbia che in tutti i siti rappresenta oltre l'80% del campione. Nell'intero periodo di indagine le caratteristiche granulometriche dei sedimenti non hanno subito sostanziali cambiamenti (Fabi *et al.*, 2013b). La variazione maggiore era stata osservata nell'inverno 2010, ossia dopo le operazioni di posa in opera della condotta, quando era avvenuto un incremento di sabbia in corrispondenza del sea-line (E4) pari a circa l'8% rispetto al pre-survey, bilanciato da un decremento di silt e argilla. Nei restanti campionamenti le variazioni sono sempre state di magnitudine inferiore a questa e inquadabili nella naturale dinamica dei sedimenti.

Per quanto riguarda il livello dei contaminanti (IPA e metalli pesanti) e la percentuale di sostanza organica, i dati suggeriscono che nell'area essi sono generalmente presenti in concentrazioni molto modeste. Le operazioni di posa in opera non sembrano aver modificato questa situazione. Infatti, tutti i contaminanti investigati hanno sempre conservato bassi tenori e le variazioni osservate hanno interessato parallelamente transetti e controlli (Fabi *et al.*, 2013b), ad indicare che la condotta non ha effetti sulla loro dinamica. E' comunque da ricordare che la maggior parte dei metalli (Al, Ba, Cr, Cu, Ni, V e Zn) ha presentato le concentrazioni maggiori, sebbene ancora molto modeste, nei siti posti lungo il transetto D a 60 e 100 m di distanza dal sea-line verso SSE (D6 e D7).

Ecotossicologia – Nel quinto monitoraggio condotto dopo l'installazione del sea-line (inverno 2012) non sono stati evidenziati segnali di tossicità nella maggior parte dei saggi ecotossicologici utilizzati. Solo il test di embriotossicità condotto con *Crassostrea gigas* ha riproposto dei deboli segnali di tossicità, analogamente a quanto era accaduto durante l'inverno precedente (Fabi *et al.*, 2013b); tali segnali sono con ogni probabilità legati alla variabilità stagionale delle caratteristiche del sedimento.

Il test di bioaccumulo con il polichete *Hediste diversicolor* ha evidenziato anche per l'inverno 2012 una confrontabilità della mobilità dei metalli nei sedimenti con quella degli anni precedenti (Fabi *et al.*, 2013b). La maggior parte dei metalli ha presentato infatti biodisponibilità assente o confrontabile con quella del controllo, ovvero quella rilevata negli organismi spurgati non ancora sottoposti ai sedimenti da testare, mentre quei metalli che già in precedenza avevano dato segnali (Nichel, Arsenico, Mercurio), hanno continuato a mostrarli anche se non sempre negli stessi siti. Tale comportamento era stato rilevato però anche nel pre-survey e pertanto appare legato più alle caratteristiche del sedimento che alla presenza del manufatto.

Comunità bentonica – In tutto il periodo di indagine, dal pre-survey al V monitoraggio effettuato dopo la posa della condotta sottomarina (inverno 2012), le comunità rinvenute sono risultate costituite prevalentemente da specie di fondo mobile, per lo più limicole, sabulicole, misticole o indicatrici della presenza di materia organica nei sedimenti, la maggior parte delle quali appartenente a policheti, crostacei e molluschi.

Nel pre-survey la comunità bentonica era in generale apparsa piuttosto ricca in termini di numero di individui e di specie e ben diversificata, non essendo presenti taxa preponderanti sugli altri (Fabi *et al.*, 2013b). La situazione si è mantenuta tale anche nel periodo post lavori, quando si è assistito sin dall'inizio a un incremento di tutti gli indici biotici considerati. Tuttavia, nel primo anno successivo alla posa della struttura, lungo il transetto D e relativi controlli i popolamenti, salvo qualche rara eccezione, avevano continuato a essere caratterizzati dall'assenza di una specie fortemente dominante sulle altre, mentre lungo il transetto E e nei controlli corrispondenti è stato rinvenuto in quantità molto elevate il polichete *Ditrupa arietina* non censito precedentemente. *D. arietina* è un serpuloideo rivivibile su vari tipi di fondali (da sabbiosi a fangosi a granulometria mista) e a profondità comprese tra 0 e 150 m (Gambi e Giangrande, 1985; Ten Hove e Smith, 1990). La popolazione di questa specie, che appartiene alla Biocenosi dei fondi mobili instabili (Pèrés e Picard, 1964), è molto abbondante durante lo sviluppo di comunità di transizione che avviene a seguito di cambiamenti ambientali. La comparsa di questo polichete e le sue elevate quantità nella porzione del sea-line più prossima alla piattaforma Brenda erano molto probabilmente correlate, oltre ai lavori di posa della condotta, anche a una particolare e spazialmente limitata situazione ambientale presente in tale area, visto che questa specie era stata censita abbondantemente anche nei siti di riferimento corrispondenti e che non era stata rinvenuta o era risultata presente solo in quantità molto modeste nell'area del transetto D. La presenza di un maggiore disturbo attorno al transetto E e controlli era stata anche evidenziata dagli indici univariati utilizzati, che avevano quasi sempre presentato valori inferiori in quest'area. Secondo Pérès e Picard (1975), la presenza di specie associate ai sedimenti instabili è limitata sia spazialmente che temporalmente. In effetti, nei primi due anni successivi alla posa della condotta, ovvero sino all'estate 2011, lungo E e nei suoi controlli si era verificato un notevole decremento di *D. arietina*. Nell'ultimo survey però, salvo qualche eccezione, sembra vi sia stata una recrudescenza di questa specie che ha iniziato a presentare quantità non trascurabili anche in due controlli del transetto D. Ciò potrebbe non essere necessariamente correlato alla presenza di nuova instabilità; infatti, Grémare *et al.* (1998) hanno registrato un incremento drammatico di

questa specie nel Golfo del Leone, non caratterizzato da situazioni tipicamente instabili, che potrebbe esser stato una conseguenza di un leggero cambiamento nella composizione dei sedimenti (lieve riduzione delle componenti fini).

Nell'area interessata dalla condotta Annamaria B – Brenda a partire dall'inverno 2011 è stata registrata per la prima volta la presenza di alcune specie coloniali, pertanto estremamente difficili da quantificare in termini di densità, ma particolarmente importanti dal punto di vista ponderale. Tra queste destano un certo interesse due briozoi, *Cellaria salicornioides*, non più rinvenuta nell'inverno 2012, e, soprattutto, *Amathia semiconvoluta*. Si tratta di organismi presenti a partire dalla batimetrica dei 25 m, con profondità ottimali tra 50 e 80 m (Moissette, 2000), che colonizzano generalmente conchiglie morte e fondi detritici (Cebrian e Ballesteros, 2004). E' pertanto probabile che nell'area del sea-line oggetto di studio essi trovino un habitat consono al loro insediamento, trattandosi di sabbie relitte del largo. Gli organismi sono di piccole dimensioni ma spesso particolarmente abbondanti. Ad esempio, in Croazia (Isola di Banjole, di fronte a Rovigno) quella di *C. salicornioides* è conosciuta come la prateria ininterrotta più grande nel mondo, avendo un'estensione superiore a 100 m² (Wood *et al.*, 2012). Per quanto concerne l'Adriatico, oltre alla documentata presenza di queste due specie in Croazia nella letteratura scientifica non vi sono altre informazioni concernenti questo bacino. Tuttavia, dati provenienti da survey condotti dal CNR-ISMAR Ancona a partire dal 2005 nell'Adriatico centro-settentrionale, indicano la presenza di entrambi gli organismi anche in altre aree tra cui una zona nei pressi di Brenda e del sea-line per quanto riguarda *C. salicornioides*.

La combinazione degli indici W, AMBI e BENTIX ha rilevato nell'inverno 2012 un peggioramento rispetto all'estate precedente in tre siti del transetto D e in tutta l'area del transetto E inclusi i suoi controlli; non sono state invece evidenziate variazioni nelle altre stazioni del transetto D eccetto un lieve miglioramento a 30 m a NNW. E' comunque da sottolineare l'assenza di discrepanze tra siti dei transetti e relativi riferimenti, fatto che esclude che le variazioni osservate siano una conseguenza della presenza del sea-line.

Avvistamenti di cetacei e tartarughe marine – A partire dal periodo di pre-survey sino a giugno 2012 è avvenuto un solo avvistamento nel marzo 2011 riguardante un tursiopo a circa 3,5 mn dal sea-line (Fabi *et al.*, 2013b). E' pertanto probabile che la condotta sottomarina non svolga alcuna funzione attrattiva nei confronti di queste specie.

5. BIBLIOGRAFIA

- Amiard J.C., Amiard-Triquet C., Berthet B., Mètaer C. 1987. Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 106: 73-89.
- 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.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalgae*. ASTM E1218-04-E1.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724 - 98.
- 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. 98 pp.
- 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., 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.
- Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.
- 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.
- Bourg A.C.M. 1988. Metal in aquatic and terrestrial systems: Sorption, speciation, and mobilization. Pagg. 3-32, in: Salomons W., Forstner U. (Eds.), *Chemistry and biology of solid waste*. Berlin, Springer-Verlag.
- Bryan G.W., Gibbs P.E. 1987. Polychaetes as indicators of heavymetal availability in marine deposits. Pagg 37-49, in: Capuzzo J.M. Kester D.R. (Eds.), *Oceanic Processes in Marine Pollution*, Krieger Publishing Company, Malabar, FL.
- Bryan G.W., Langston W.J. 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special references to UK estuaries: a review. *Environ. Pollut.*, 76: 89-131.
- Cebrian E., Ballesteros E. 2004. Zonation patterns of benthic communities in an upwelling area from the western Mediterranean (La Herradura, Alboran Sea). *Sci. Mar.*, 68 (1): 69-84.

- 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 endpoints: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. *Natural Environment Research Council*, 140 (2). 144 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24 (2): 133-140.
- EC. 2003. *Towards a guidance on establishment of the intercalibration network and the processes on the intercalibration exercise*. CIS Working Group 2.5 (Intercalibration), Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission. 54 pp.
- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests*. EPA/600/R-93/183. 246 pp.
- EPA. 1995. Short term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms. EPA/600/R-95-136. 15 pp.
- EPA. 2007a. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. EPA METHOD 7473. 15 pp.
- EPA. 2007b. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. EPA METHOD 7010. 24 pp.
- EPA. 2007c. *Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry*. EPA METHOD 6010C. 34 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 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., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005. *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. 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., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2010b. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini “Bonaccia EST 2 e Bonaccia EST 3” Monitoraggio delle aree interessate dall’installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. II Pre-survey (inverno 2010). Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti, ecotossicologia e indagini sulla comunità bentonica*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 113 + XXV pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010c. *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. 2013a. *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 + xlvii pp.
- Fabi G., Grati F., De Ranieri S., Nasci C., Punzo E., Spagnolo A. 2013b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B. Monitoraggio dell’area interessata dall’installazione del sea-line Annamaria B - Brenda - IV survey dopo i lavori di installazione (II semestre 2011)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 100 + XXX pp.

- Fabi G., De Ranieri S., Domenichetti F., Penna P., Spagnolo A. 2015. Fabi G., Bolognini L., De Ranieri S., Domenichetti F., Nasci C., Penna P., Santelli A., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea. Il anno dopo la posa in opera della piattaforma, III anno dopo la posa del sea-line - Rapporto finale (estate 2006 - estate 2009)*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 307 + XLV pp.
- Gambi M.C., Giangrande A. 1985. Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei policheti nei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia*, 11: 223-240.
- Grémare A., Amoroux J.M., Vétion G. 1998. Long-term comparison of macrobenthos within the soft bottoms of the Bay of Banyuls-sur-mer (Northwestern Mediterranean Sea). *J. Sea Res.*, 40: 281-202.
- 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. 2005. *Water quality - determination of acute toxicity of marine or estuarine sediment to amphipods*. ISO 16712:2005(E). 15 pp.
- Jenkins K.D., Howe S., Sanders B.M., Norwood C. 1989. Sediment deposition, biological accumulation and subcellular distribution of barium following drilling of an exploratory well. Pagg. 587-608, *in*: Engelhardt F.R., Ray J.P., Gillam A.H. (Eds.), *Drilling Wastes*. Elsevier Applied Sciences, London.
- Kusk, K.O., Wollenberger L. 1999. Fully defined saltwater medium for cultivation of and toxicity testing with the marine copepod *Acartia tonsa*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 18: 1564-1567.
- Kusk, K.O., Wollenberger L. 2007. Towards an internationally harmonized test method for reproductive and developmental effects of endocrine disrupters in marine copepods. *Ecotoxicology*, 16: 183-195.
- Langston W.J. 1980. Arsenic in U.K. estuarine sediments and its availability to benthonic organisms. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 60: 869-881.
- Langston W.J. 1984. Availability of arsenic to estuarine and marine organisms: A field and laboratory evaluation. *Mar Biol.*, 80:143-154.
- Lee H. 1998. Methods for Assessing Sediment Bioaccumulation in Marine/Estuarine Benthic Organisms. *Proceedings of National Sediment Bioaccumulation Conference*. U.S. EPA. 10 pp.
- 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.
- Luoma S.N., Bryan G.W. 1982. A statistical study of environmental factors controlling concentrations of heavy metals in the burrowing bivalve *Scrobicularia plana* and the polychaete *Nereis diversicolor*. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 15: 95-108.
- May R.M. 1979. Patterns of Species Abundance and Diversity. *In* Cody M.L. and Diamond J.M. (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*, 4: 81-120.
- Moissette P. 2000. Changes in bryozoan assemblages and bathymetric variations. Examples from Messinian of northwest Algeria. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 155: 305-326.
- Muxica I., Borja A., Bonne W. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, 5: 19-31.
- 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.

- Neff J.M. 2002. *Bioaccumulation in marine organisms. Effect of Contaminants from Oil Well Produced Water*. Elsevier Ltd.Oxford UK. 452 pp.
- 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.
- Onorati F. 1999. Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida. La normalizzazione pelitica. *Acqua&Aria*, 83-89.
- Onorati F, Bandini F., Brilli L., Bellaria V., Castiglioni S., Celetti A.M., Comin S., Di Gioia E., Fabbri S., Facchini L., Ferrara M., Guerra R., Leoni T., Lo Re R., Manzo S., Martini P., Mascilongo G., Meloni P., Meineri V., Milani S., Molina M., Rossi E., Ruggiero G., Sanguinetti M.S., Tamberlich F., Traldi D., Trichilo S. 2007. Interconfronto nazionale sul test di inibizione della bioluminescenza mediante *Vibrio fischeri*. *Biol. Mar. Medit.*, 14(1): 87-91
- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31 (47). 137 pp.
- Pérès J.M., Picard J. 1975. Note préliminaire sur une communauté benthique récemment mise en évidence : la biocénose à *Dentalium rubescens* Desh. et *Lucina (Miltha) borealis* Lin. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 52 : 1-160.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Picone M. 2006. *Using a set of bioassays for monitoring sediment quality in the Lagoon of Venice*. Ph.D. thesis, Ca' Foscari Università di Venezia. 197 pp.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York. 424 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogaster, Gastropoda)*. Vol. 1. Publ. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Reimer K.J., Thompson J.A. 1988. Arsenic speciation in marine interstitial water. The occurrence of organoarsenicals. *Biochem.*, 6: 211-237.
- Richard F.C., Bourg A.C.M. 1991. Aqueous geochemistry of chromium: a review. *Wat. Res.*, 25, 807-816.
- 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.
- Simboura N., Panayitodus P., Papathanassiou E. 2005. A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean Ecoregion: the case of Saronikos Gulf. *Ecol. Ind.*, 5: 253-266.
- Ten Hove H.A., Smith R.S. 1990. A redescription of *Ditrupa gracillina* Grube, 1878 (Polychaeta, Serpulidae) from Indo-Pacific, with a discussion of the genus. *Records of Australian Museum*, 42: 101-118.
- 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-

- 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. 370 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.
- Wood A.C., Probert P.K., Rowden A.A., Smith A.M. 2012. Complex habitat generated by marine bryozoans: a review of its distribution, structure, diversity, threats and conservation. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* DOI: 10.1002/aqc. 2236
- Zenetos A., Chadjianestis I., Lantzoumi M., Simboura M., Sklivagou E., Arvanitakis G. 2004a. The Eurobulker oil spill: mid-term changes of some ecosystem indicators. *Mar. Poll. Bull.*, 48: 12-131.
- Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004b. 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



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

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.

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. L'ultimo controllo ordinario da parte di un Tecnico Perkin Elmer è avvenuto nel giugno 2004.

QUANTIFICAZIONE DEI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI

Prima dell'analisi di ogni metallo viene eseguita una retta di calibrazione (ottenuta per diluizioni successive), idonea alle concentrazioni dei campioni da determinare, mediante l'impiego di soluzioni standard mono o multielemento a concentrazione nota.

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

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, CROMO, NICHEL, RAME, 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.

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.

A3-V BILANCIA ANALITICA



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

ALLEGATO B

SCHEDE GRANULOMETRICHE

INVERNO 2012



Stazione D1

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	176,92
Peso umido (g)	P _u	239,32
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M _p	3,28
Classazione	σ _p	0,77
Asimmetria	S _p	-0,12
Appuntimento	K _G	3,09
Mediana	M _d	3,41

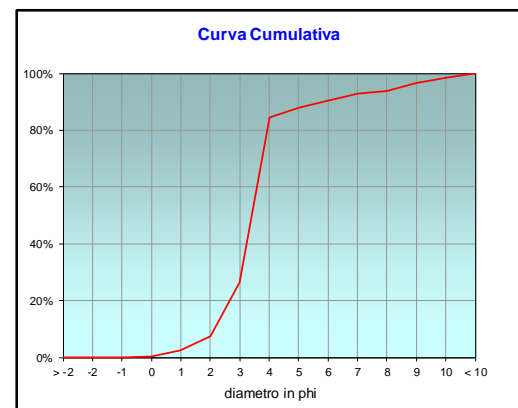
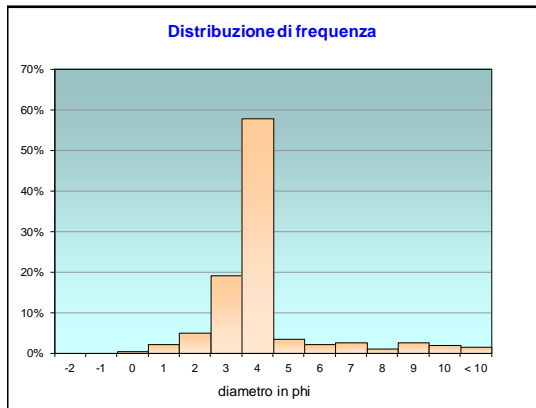
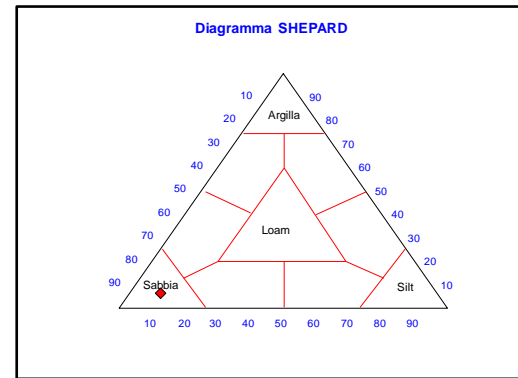
Percentile	φ
5°	1,50
16°	2,45
25°	2,92
50°	3,41
75°	3,84
84°	3,99
95°	8,42

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,62	0	1000	0,35%	0,35%
	3,80	1	500	2,15%	2,49%
	8,89	2	250	5,03%	7,52%
	33,66	3	125	19,03%	26,55%
	102,40	4	62,5	57,88%	84,43%
Limo	6,33	5	31	3,58%	88,01%
	4,00	6	15,6	2,26%	90,27%
	4,65	7	7,8	2,63%	92,90%
	1,79	8	3,9	1,01%	93,91%
Argilla	4,58	9	2,0	2,59%	96,50%
	3,37	10	0,98	1,91%	98,41%
	2,82	< 10	< 0,98	1,59%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,43%	9,48%	6,09%

Note
5,98 g di materiale organogeno (conchiglie)

Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	asimmetrica negativa
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione D2

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	185,54
Peso umido (g)	P _u	246,33
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

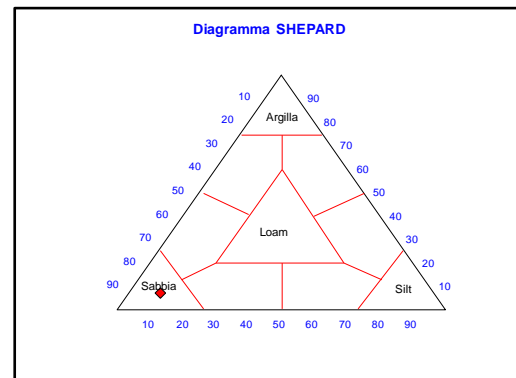
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,35
Classazione	σ _p	0,89
Asimmetria	S _{Kp}	-0,04
Appuntimento	K _G	2,92
Mediana	Md	3,40

Percentile	φ
5°	1,59
16°	2,44
25°	2,86
50°	3,40
75°	3,85
84°	4,21
95°	8,65

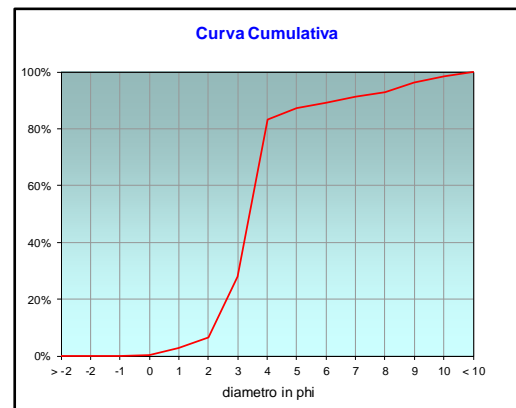
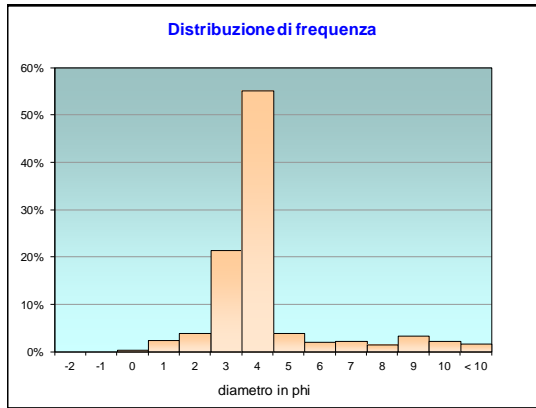
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,58	0	1000	0,31%	0,31%
	4,40	1	500	2,37%	2,68%
	7,23	2	250	3,90%	6,58%
	39,66	3	125	21,38%	27,96%
	102,40	4	62,5	55,19%	83,15%
Limo	7,43	5	31	4,00%	87,15%
	3,87	6	15,6	2,09%	89,24%
	4,09	7	7,8	2,21%	91,44%
	2,65	8	3,9	1,43%	92,87%
Argilla	6,11	9	2,0	3,29%	96,16%
	4,15	10	0,98	2,24%	98,40%
	2,97	< 10	< 0,98	1,60%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	83,15%	9,72%	7,13%

Note
6,06 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione D3

Parametri Fisici			
Peso secco (g)	Ps		182,02
Peso umido (g)	Pu		239,60
Peso specifico	G		n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ		n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d		n.d.
Umidità (%)	W		n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_p	3,29
Classazione	σ_p	0,76
Asimmetria	S_{kp}	-0,10
Appuntimento	K_G	2,87
Mediana	Md	3,39

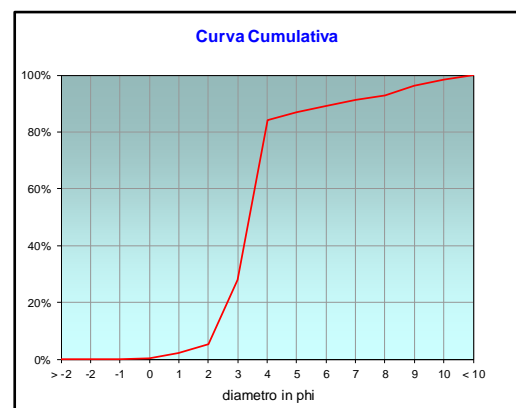
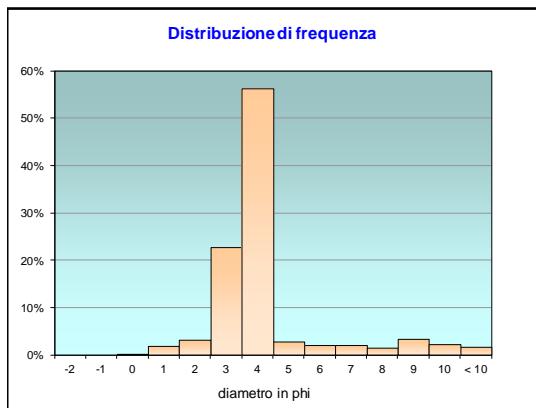
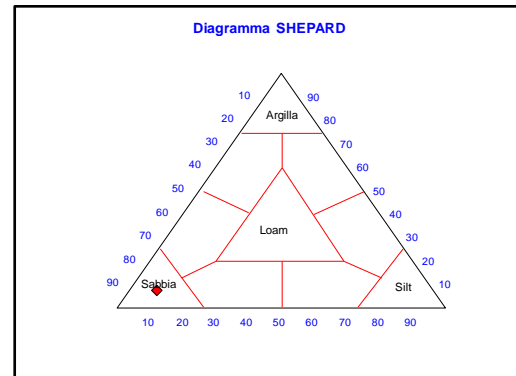
Percentile	ϕ
5°	1,90
16°	2,47
25°	2,87
50°	3,39
75°	3,84
84°	4,00
95°	8,66

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,42	0	1000	0,23%	0,23%
	3,46	1	500	1,90%	2,13%
	5,80	2	250	3,18%	5,31%
	41,23	3	125	22,65%	27,97%
	102,40	4	62,5	56,26%	84,22%
Limo	5,10	5	31	2,80%	87,03%
	3,84	6	15,6	2,11%	89,13%
	3,86	7	7,8	2,12%	91,25%
	2,82	8	3,9	1,55%	92,80%
Argilla	6,05	9	2,0	3,32%	96,12%
	4,11	10	0,98	2,26%	98,38%
	2,94	< 10	< 0,98	1,62%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,22%	8,58%	7,20%

Note
4,62 g di materiale organogeno (conchiglie)

Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	asimmetrica negativa
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione D4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	178,43
Peso umido (g)	P _u	237,10
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M _p	3,27
Classazione	σ _p	0,77
Asimmetria	S _p	-0,10
Appuntimento	K _G	2,64
Mediana	M _d	3,37

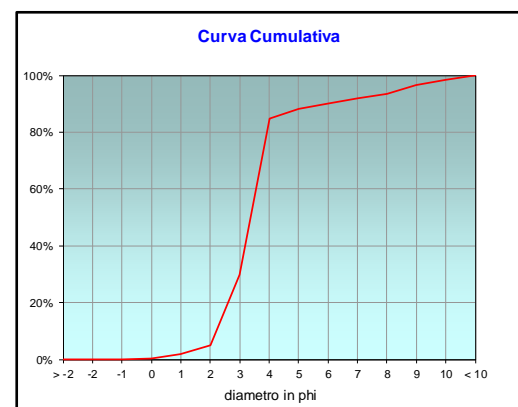
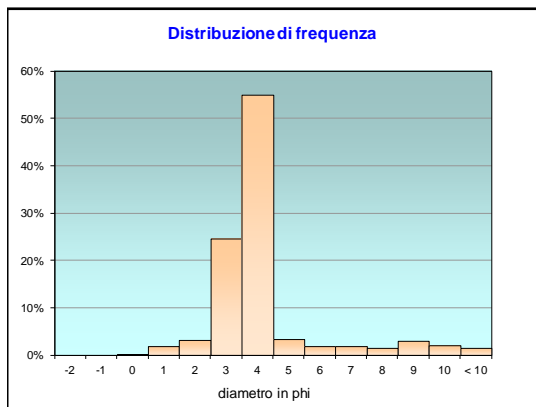
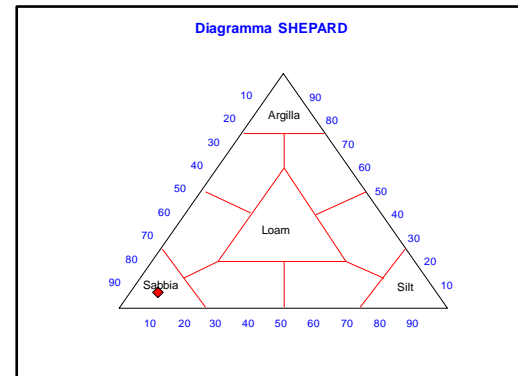
Percentile	φ
5°	1,98
16°	2,44
25°	2,81
50°	3,37
75°	3,82
84°	3,99
95°	8,51

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,38	0	1000	0,21%	0,21%
	3,17	1	500	1,78%	1,99%
	5,50	2	250	3,08%	5,07%
	44,03	3	125	24,68%	29,75%
	98,22	4	62,5	55,05%	84,80%
Limo	6,06	5	31	3,40%	88,19%
	3,42	6	15,6	1,92%	90,11%
	3,44	7	7,8	1,93%	92,04%
	2,51	8	3,9	1,41%	93,45%
Argilla	5,39	9	2,0	3,02%	96,47%
	3,67	10	0,98	2,06%	98,53%
	2,62	< 10	< 0,98	1,47%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,80%	8,65%	6,55%

Note
4,23 g di materiale organogeno (conchiglie)

Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione D5

Parametri Fisici			
Peso secco (g)	P _s		177,04
Peso umido (g)	P _u		234,50
Peso specifico	G		n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ		n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d		n.d.
Umidità (%)	W		n.d.

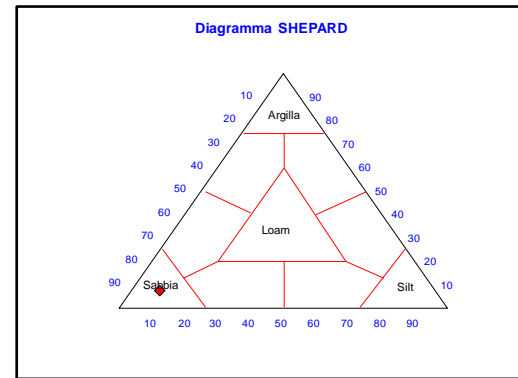
Parametri Statistici		
Media	M ₀	3,26
Classazione	σ ₀	0,79
Asimmetria	S ₀	-0,09
Appuntimento	K _G	2,61
Mediana	M _d	3,36

Percentile	φ
5°	1,93
16°	2,42
25°	2,78
50°	3,36
75°	3,83
84°	4,01
95°	8,66

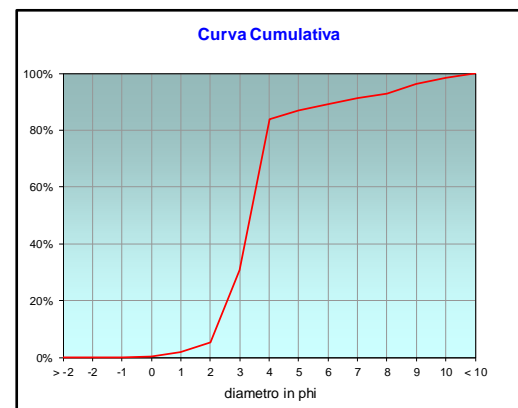
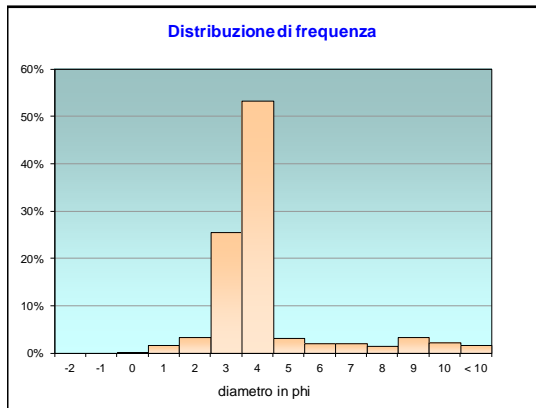
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,38	0	1000	0,21%	0,21%
	3,01	1	500	1,70%	1,91%
	5,90	2	250	3,33%	5,24%
	45,09	3	125	25,47%	30,71%
	94,29	4	62,5	53,26%	83,97%
Limo	5,49	5	31	3,10%	87,07%
	3,72	6	15,6	2,10%	89,17%
	3,74	7	7,8	2,11%	91,28%
	2,73	8	3,9	1,54%	92,83%
Argilla	5,86	9	2,0	3,31%	96,14%
	3,99	10	0,98	2,25%	98,39%
	2,85	< 10	< 0,98	1,61%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	83,97%	8,86%	7,17%

Note
4,16 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione D6

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	182,06
Peso umido (g)	Pu	252,16
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

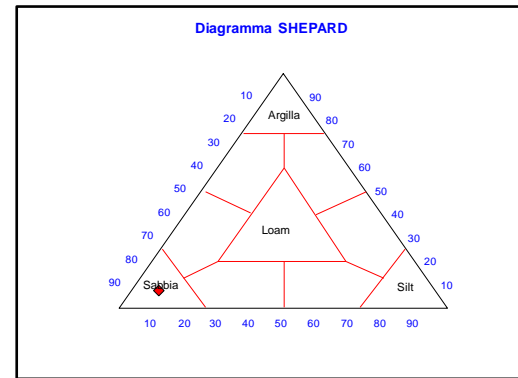
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,27
Classazione	σ_p	0,78
Asimmetria	S_{kp}	-0,10
Appuntimento	K_G	2,71
Mediana	Md	3,37

Percentile	ϕ
5°	1,94
16°	2,44
25°	2,81
50°	3,37
75°	3,83
84°	4,00
95°	8,69

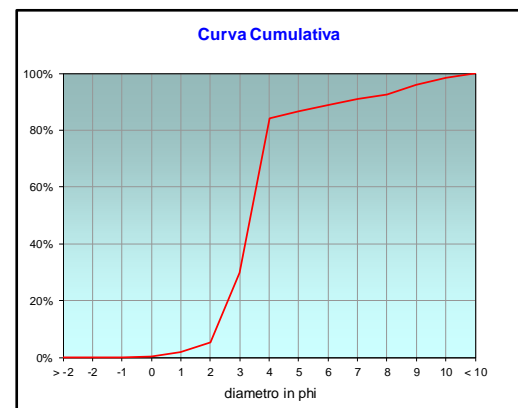
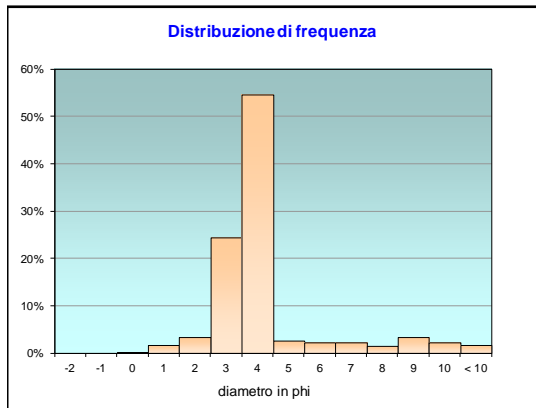
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,38	0	1000	0,21%	0,21%
	2,93	1	500	1,61%	1,81%
	6,19	2	250	3,40%	5,22%
	44,55	3	125	24,47%	29,69%
	99,33	4	62,5	54,56%	84,25%
Limo	4,62	5	31	2,54%	86,79%
	3,91	6	15,6	2,15%	88,93%
	3,93	7	7,8	2,16%	91,09%
	2,87	8	3,9	1,58%	92,67%
Argilla	6,16	9	2,0	3,38%	96,05%
	4,19	10	0,98	2,30%	98,35%
	3,00	< 10	< 0,98	1,65%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,25%	8,42%	7,33%

Note
4,14 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione D7

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	176,89
Peso umido (g)	Pu	243,91
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

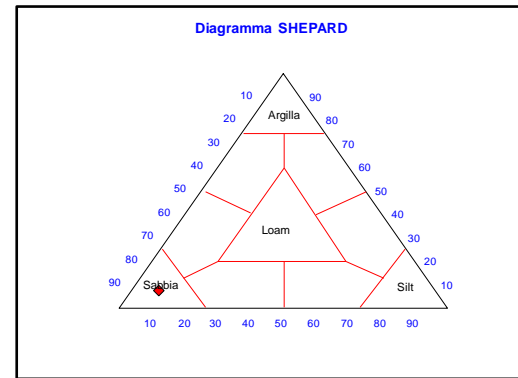
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,27
Classazione	σ_{sp}	0,77
Asimmetria	S_{sp}	-0,10
Appuntimento	K_G	2,81
Mediana	Md	3,38

Percentile	ϕ
5°	1,83
16°	2,45
25°	2,83
50°	3,38
75°	3,83
84°	3,99
95°	8,67

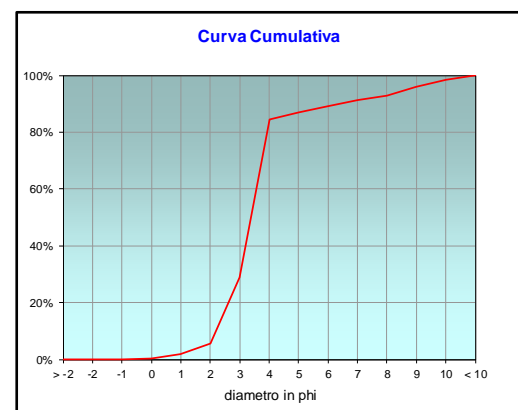
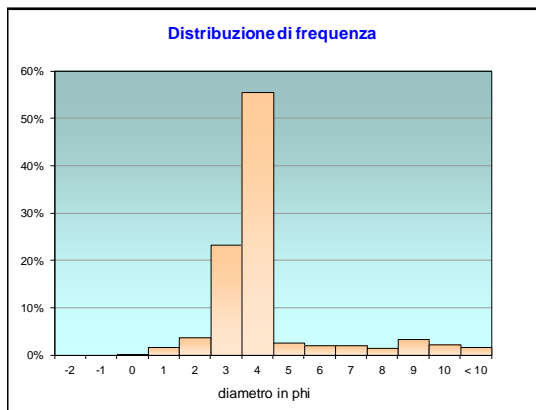
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,42	0	1000	0,24%	0,24%
	3,04	1	500	1,72%	1,95%
	6,50	2	250	3,67%	5,63%
	41,12	3	125	23,25%	28,87%
	98,22	4	62,5	55,53%	84,40%
Limo	4,45	5	31	2,52%	86,91%
	3,76	6	15,6	2,13%	89,04%
	3,78	7	7,8	2,14%	91,18%
	2,76	8	3,9	1,56%	92,74%
Argilla	5,93	9	2,0	3,35%	96,09%
	4,03	10	0,98	2,28%	98,37%
	2,88	< 10	< 0,98	1,63%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,40%	8,34%	7,26%

Note
4,42 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	asimmetrica negativa
Appuntimento	molto leptocurtica



Controllo K8

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	180,25
Peso umido (g)	P _u	238,38
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

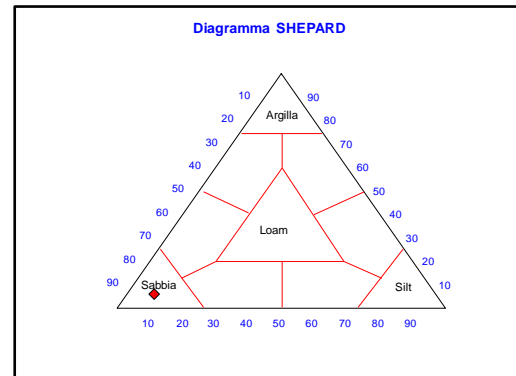
Parametri Statistici		
Media	M ₀	3,33
Classazione	σ ₀	0,69
Asimmetria	S ₀	-0,10
Appuntimento	K _G	3,11
Mediana	M _d	3,41

Percentile	φ
5°	2,08
16°	2,59
25°	3,00
50°	3,41
75°	3,82
84°	3,97
95°	8,29

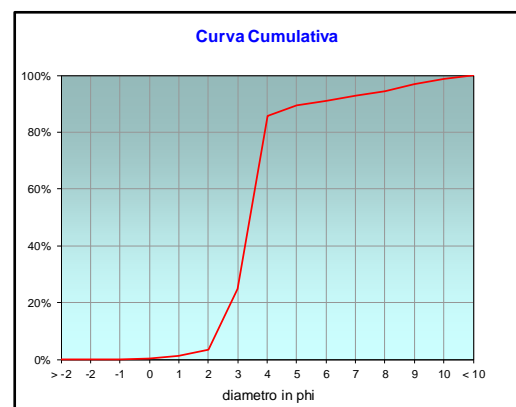
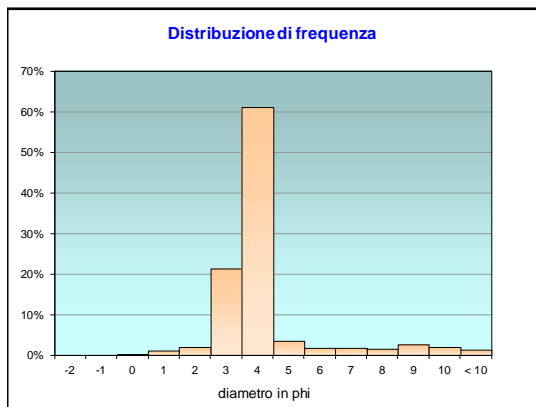
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,30	0	1000	0,17%	0,17%
	2,05	1	500	1,14%	1,30%
	3,63	2	250	2,01%	3,31%
	38,59	3	125	21,41%	24,72%
	110,10	4	62,5	61,08%	85,81%
Limo	6,42	5	31	3,56%	89,37%
	3,11	6	15,6	1,73%	91,10%
	3,13	7	7,8	1,74%	92,84%
	2,56	8	3,9	1,42%	94,26%
Argilla	4,63	9	2,0	2,57%	96,83%
	3,34	10	0,98	1,85%	98,68%
	2,39	< 10	< 0,98	1,32%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	85,81%	8,45%	5,74%

Note
2,98 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Controllo K9

Parametri Fisici			
Peso secco (g)	Ps		183,32
Peso umido (g)	Pu		245,89
Peso specifico	G		n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ		n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d		n.d.
Umidità (%)	W		n.d.

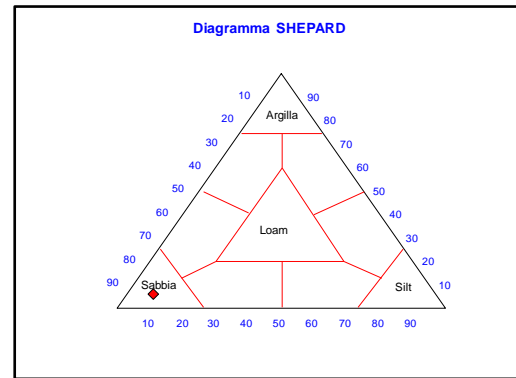
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,32
Classazione	σ_{sp}	0,69
Asimmetria	S_{sp}	-0,10
Appuntimento	K_G	3,12
Mediana	Md	3,41

Percentile	ϕ
5°	2,09
16°	2,59
25°	3,00
50°	3,41
75°	3,82
84°	3,97
95°	8,32

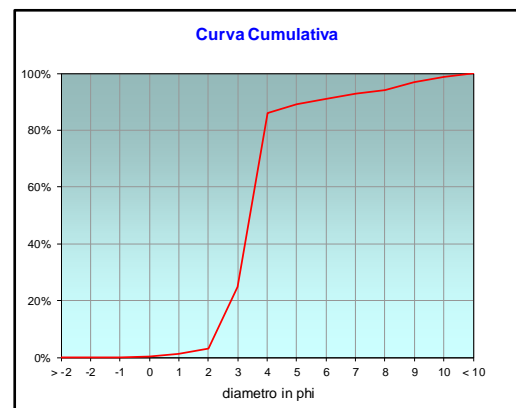
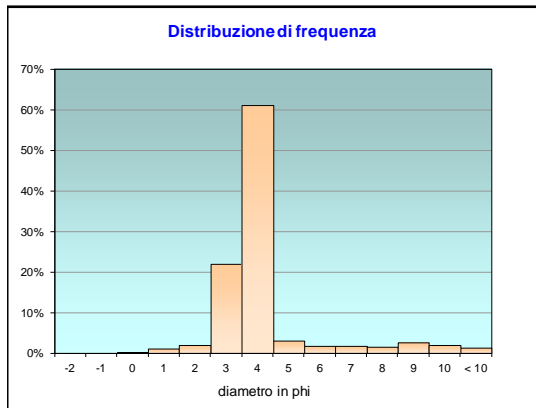
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,34	0	1000	0,18%	0,18%
	1,91	1	500	1,04%	1,23%
	3,43	2	250	1,87%	3,10%
	40,11	3	125	21,88%	24,98%
	112,03	4	62,5	61,11%	86,09%
Limo	5,70	5	31	3,11%	89,20%
	3,22	6	15,6	1,76%	90,95%
	3,24	7	7,8	1,77%	92,72%
	2,65	8	3,9	1,44%	94,16%
Argilla	4,79	9	2,0	2,61%	96,77%
	3,45	10	0,98	1,88%	98,65%
	2,47	< 10	< 0,98	1,35%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	86,09%	8,07%	5,84%

Note
3,01 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Controllo K10

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	182,79
Peso umido (g)	P _u	241,51
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

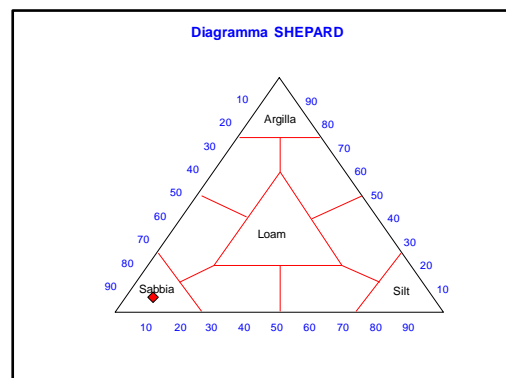
Parametri Statistici		
Media	M ₀	3,33
Classazione	σ ₀	0,69
Asimmetria	S ₀	-0,10
Appuntimento	K _G	3,17
Mediana	M _d	3,42

Percentile	φ
5°	2,06
16°	2,59
25°	3,01
50°	3,42
75°	3,83
84°	3,98
95°	8,42

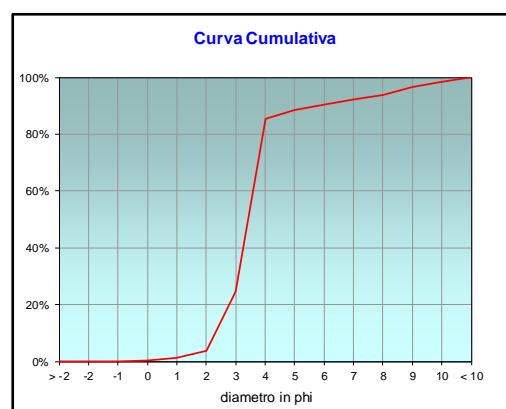
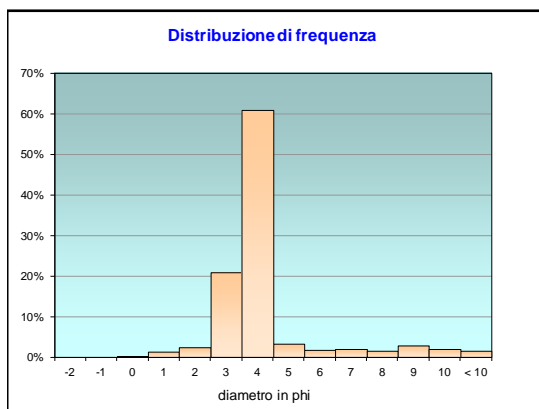
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,30	0	1000	0,17%	0,17%
	2,23	1	500	1,22%	1,38%
	4,33	2	250	2,37%	3,75%
	38,05	3	125	20,82%	24,57%
	111,13	4	62,5	60,80%	85,37%
Limo	5,98	5	31	3,27%	88,63%
	3,38	6	15,6	1,85%	90,48%
	3,40	7	7,8	1,86%	92,34%
	2,78	8	3,9	1,52%	93,86%
Argilla	5,02	9	2,0	2,75%	96,61%
	3,62	10	0,98	1,98%	98,58%
	2,59	< 10	< 0,98	1,42%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	85,37%	8,49%	6,14%

Note
3,17 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione E1

Parametri Fisici			
Peso secco (g)	Ps		187,88
Peso umido (g)	Pu		250,91
Peso specifico	G		n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ		n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d		n.d.
Umidità (%)	W		n.d.

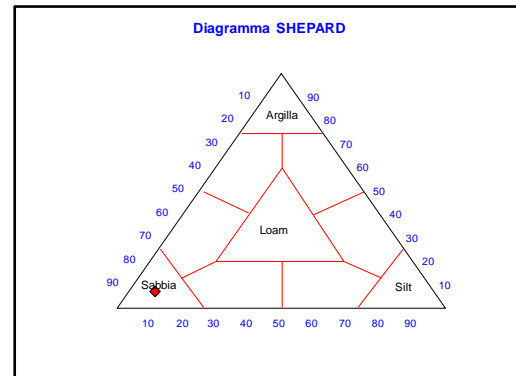
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,49
Classazione	σ_{sp}	0,49
Asimmetria	S_{sp}	0,00
Appuntimento	K_G	3,79
Mediana	Md	3,49

Percentile	ϕ
5°	1,91
16°	3,00
25°	3,13
50°	3,49
75°	3,86
84°	3,99
95°	8,62

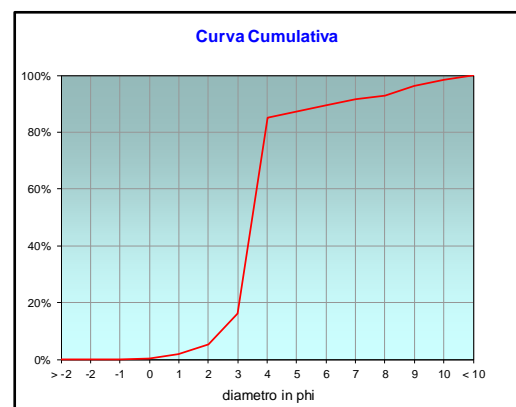
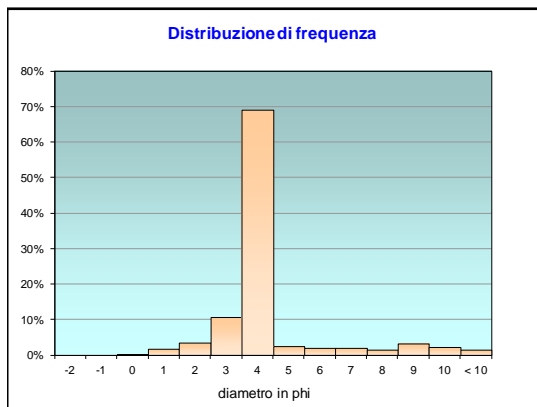
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,42	0	1000	0,22%	0,22%
	3,04	1	500	1,62%	1,84%
	6,50	2	250	3,46%	5,30%
	20,10	3	125	10,70%	16,00%
	129,55	4	62,5	68,95%	84,95%
Limo	4,56	5	31	2,43%	87,37%
	3,85	6	15,6	2,05%	89,43%
	3,88	7	7,8	2,06%	91,49%
	2,83	8	3,9	1,51%	93,00%
Argilla	6,07	9	2,0	3,23%	96,23%
	4,13	10	0,98	2,20%	98,43%
	2,95	< 10	< 0,98	1,57%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,95%	8,05%	7,00%

Note
4,42 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	ben classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione E2

Parametri Fisici			
Peso secco (g)	Ps		180,35
Peso umido (g)	Pu		244,29
Peso specifico	G		n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ		n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d		n.d.
Umidità (%)	W		n.d.

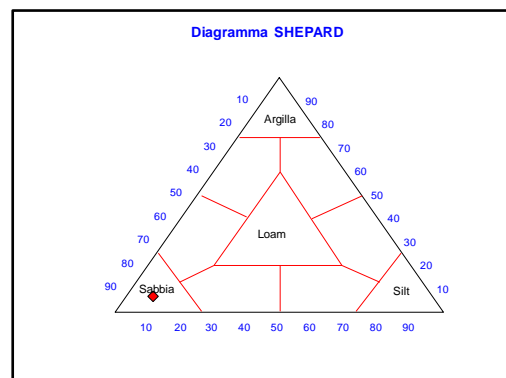
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,50
Classazione	σ_{sp}	0,48
Asimmetria	S_{sp}	0,00
Appuntimento	K_G	3,75
Mediana	Md	3,50

Percentile	ϕ
5°	2,02
16°	3,01
25°	3,14
50°	3,50
75°	3,86
84°	3,98
95°	8,54

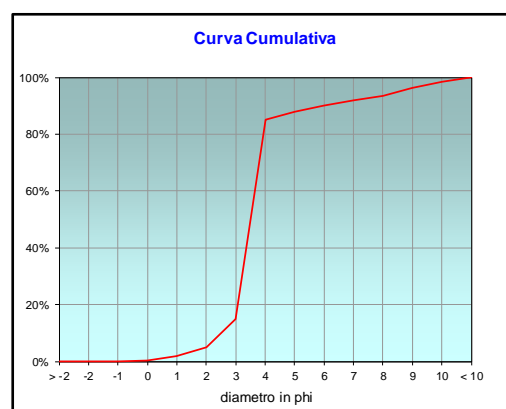
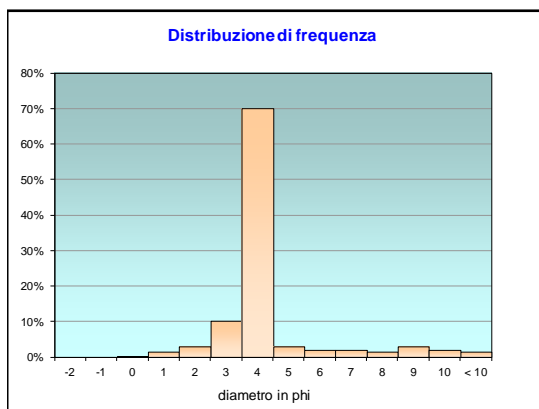
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,40	0	1000	0,22%	0,22%
	2,71	1	500	1,50%	1,73%
	5,60	2	250	3,10%	4,83%
	18,26	3	125	10,12%	14,96%
	126,55	4	62,5	70,17%	85,12%
Limo	5,19	5	31	2,88%	88,00%
	3,52	6	15,6	1,95%	89,95%
	3,54	7	7,8	1,96%	91,91%
	2,58	8	3,9	1,43%	93,34%
Argilla	5,54	9	2,0	3,07%	96,42%
	3,77	10	0,98	2,09%	98,51%
	2,70	< 10	< 0,98	1,49%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	85,12%	8,22%	6,66%

Note
4,04 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	ben classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione E3

Parametri Fisici			
Peso secco (g)	Ps		178,74
Peso umido (g)	Pu		242,01
Peso specifico	G		n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ		n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d		n.d.
Umidità (%)	W		n.d.

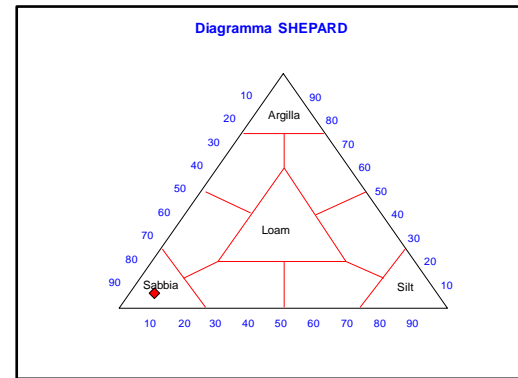
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,50
Classazione	σ_{gp}	0,47
Asimmetria	S_{gp}	0,00
Appuntimento	K_G	3,75
Mediana	Md	3,50

Percentile	ϕ
5°	2,03
16°	3,02
25°	3,15
50°	3,50
75°	3,84
84°	3,97
95°	8,42

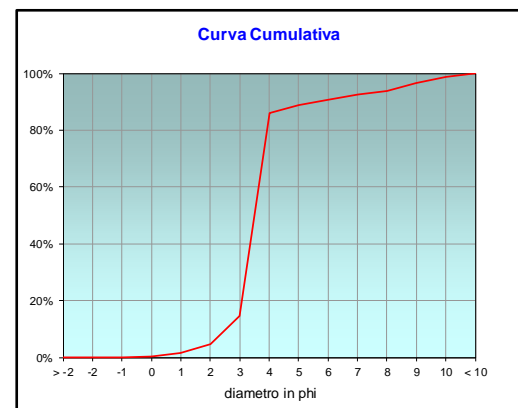
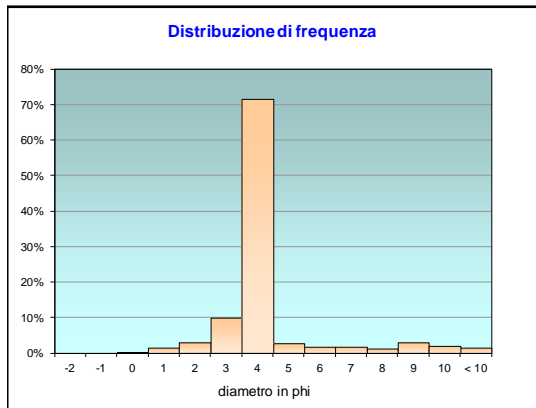
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,31	0	1000	0,17%	0,17%
	2,71	1	500	1,52%	1,69%
	5,39	2	250	3,02%	4,71%
	17,59	3	125	9,84%	14,55%
	127,98	4	62,5	71,60%	86,15%
Limo	4,79	5	31	2,68%	88,83%
	3,24	6	15,6	1,81%	90,64%
	3,26	7	7,8	1,83%	92,47%
	2,38	8	3,9	1,33%	93,80%
Argilla	5,11	9	2,0	2,86%	96,66%
	3,48	10	0,98	1,95%	98,61%
	2,49	< 10	< 0,98	1,39%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	86,15%	7,65%	6,20%

Note
3,65 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	ben classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione E4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	175,25
Peso umido (g)	Pu	238,02
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

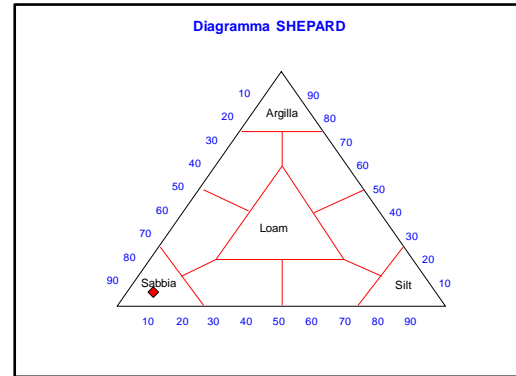
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,50
Classazione	σ_{wp}	0,47
Asimmetria	S_{wp}	0,00
Appuntimento	K_G	3,70
Mediana	Md	3,50

Percentile	ϕ
5°	2,09
16°	3,03
25°	3,16
50°	3,50
75°	3,85
84°	3,97
95°	8,32

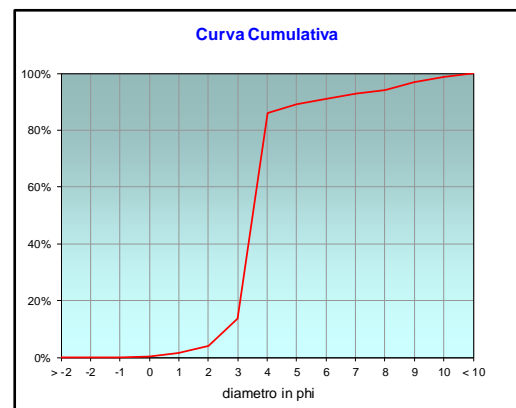
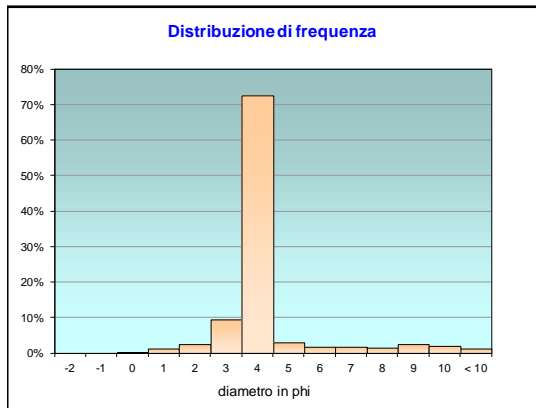
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,31	0	1000	0,18%	0,18%
	2,39	1	500	1,37%	1,54%
	4,54	2	250	2,59%	4,13%
	16,44	3	125	9,38%	13,51%
	127,22	4	62,5	72,59%	86,11%
Limo	5,44	5	31	3,10%	89,21%
	3,07	6	15,6	1,75%	90,96%
	3,09	7	7,8	1,76%	92,73%
	2,53	8	3,9	1,44%	94,17%
Argilla	4,57	9	2,0	2,61%	96,78%
	3,29	10	0,98	1,88%	98,66%
	2,36	< 10	< 0,98	1,34%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	86,11%	8,06%	5,83%

Note
3,34 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	ben classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione E5

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	177,02
Peso umido (g)	Pu	237,02
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

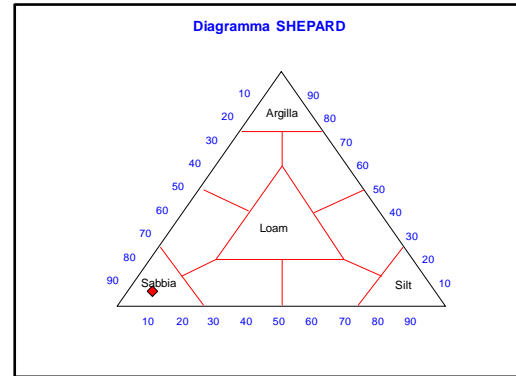
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,51
Classazione	σ_{sp}	0,46
Asimmetria	S_{sp}	0,00
Appuntimento	K_G	3,81
Mediana	Md	3,51

Percentile	ϕ
5°	2,09
16°	3,05
25°	3,17
50°	3,51
75°	3,85
84°	3,97
95°	8,43

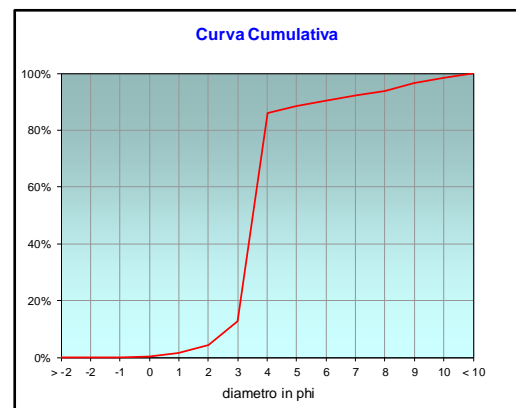
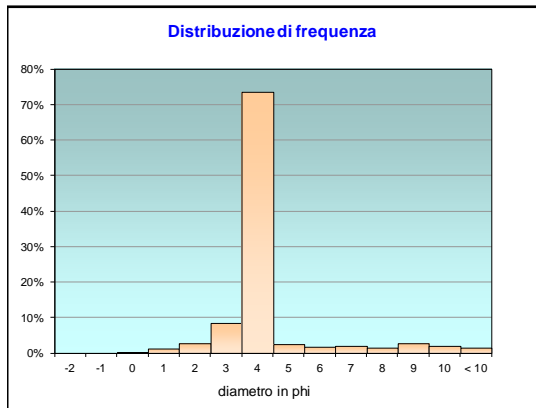
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,28	0	1000	0,16%	0,16%
	2,29	1	500	1,29%	1,45%
	4,90	2	250	2,77%	4,22%
	14,88	3	125	8,41%	12,62%
	130,02	4	62,5	73,45%	86,07%
Limo	4,38	5	31	2,47%	88,55%
	3,29	6	15,6	1,86%	90,41%
	3,31	7	7,8	1,87%	92,28%
	2,71	8	3,9	1,53%	93,81%
Argilla	4,90	9	2,0	2,77%	96,58%
	3,53	10	0,98	1,99%	98,57%
	2,52	< 10	< 0,98	1,43%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	86,07%	7,74%	6,19%

Note
3,2 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	ben classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione E6

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	179,05
Peso umido (g)	Pu	241,11
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

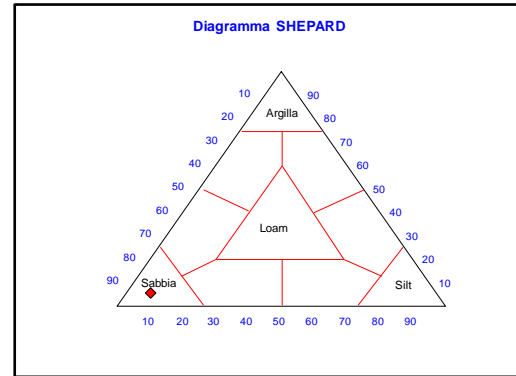
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,50
Classazione	σ_{sp}	0,46
Asimmetria	S_{sp}	0,00
Appuntimento	K_G	3,73
Mediana	Md	3,50

Percentile	ϕ
5°	2,06
16°	3,04
25°	3,16
50°	3,50
75°	3,84
84°	3,96
95°	8,23

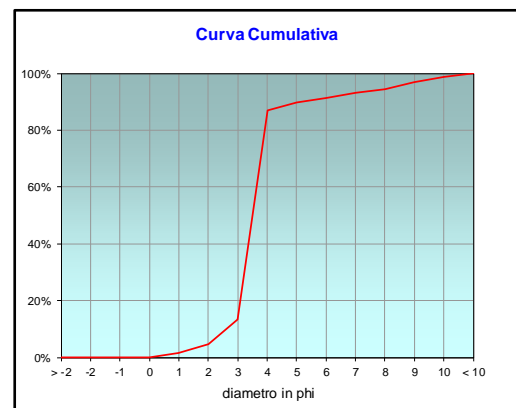
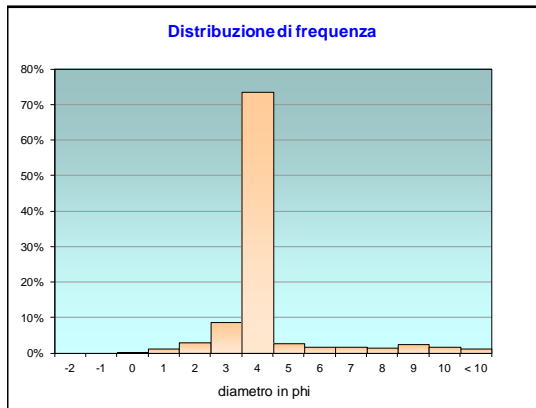
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,27	0	1000	0,15%	0,15%
	2,41	1	500	1,35%	1,50%
	5,39	2	250	3,01%	4,51%
	15,77	3	125	8,81%	13,32%
	131,88	4	62,5	73,65%	86,97%
Limo	4,87	5	31	2,72%	89,69%
	3,00	6	15,6	1,67%	91,36%
	3,02	7	7,8	1,69%	93,05%
	2,47	8	3,9	1,38%	94,43%
Argilla	4,46	9	2,0	2,49%	96,92%
	3,22	10	0,98	1,80%	98,72%
	2,30	< 10	< 0,98	1,28%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	86,97%	7,46%	5,57%

Note
3,28 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	ben classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione E7

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	175,40
Peso umido (g)	Pu	236,58
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

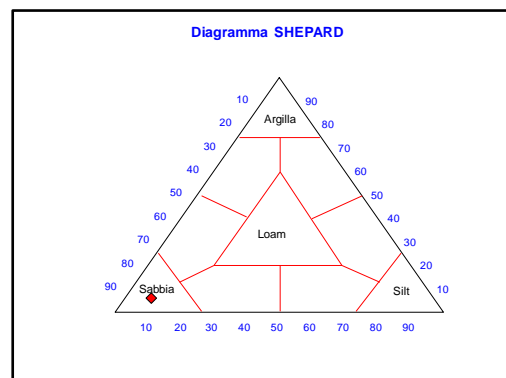
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,51
Classazione	σ_{sp}	0,46
Asimmetria	S_{sp}	0,00
Appuntimento	K_G	3,73
Mediana	Md	3,51

Percentile	ϕ
5°	2,09
16°	3,05
25°	3,17
50°	3,51
75°	3,85
84°	3,97
95°	8,28

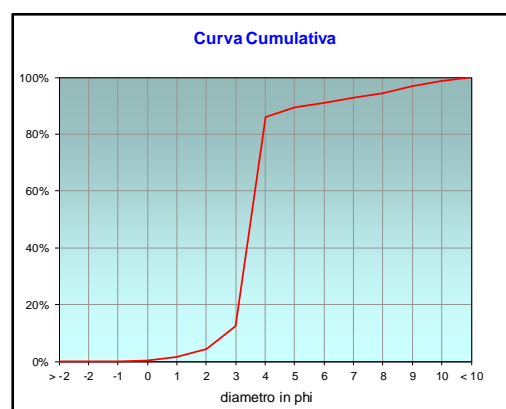
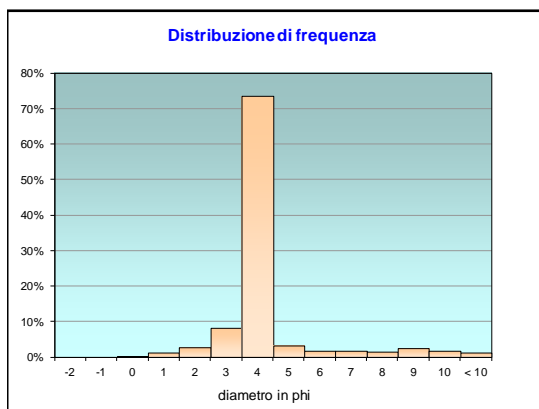
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,28	0	1000	0,16%	0,16%
	2,29	1	500	1,30%	1,46%
	4,87	2	250	2,78%	4,24%
	14,59	3	125	8,32%	12,56%
	129,02	4	62,5	73,56%	86,12%
Limo	5,78	5	31	3,30%	89,41%
	3,02	6	15,6	1,72%	91,13%
	3,03	7	7,8	1,73%	92,86%
	2,48	8	3,9	1,41%	94,28%
Argilla	4,49	9	2,0	2,56%	96,84%
	3,23	10	0,98	1,84%	98,68%
	2,31	< 10	< 0,98	1,32%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	86,12%	8,16%	5,72%

Note
3,19 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	ben classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Controllo K11

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	180,60
Peso umido (g)	P _u	238,83
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

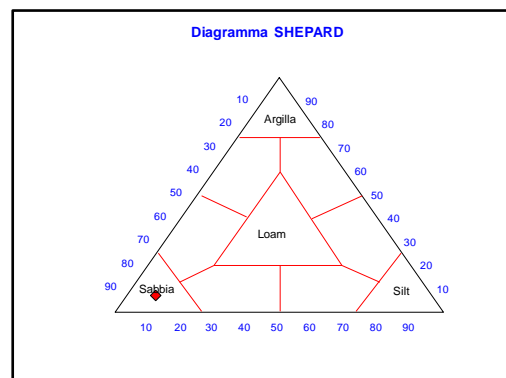
Parametri Statistici		
Media	M ₀	3,35
Classazione	σ ₀	0,69
Asimmetria	S ₀	-0,09
Appuntimento	K _G	3,26
Mediana	M _d	3,43

Percentile	φ
5°	2,08
16°	2,62
25°	3,02
50°	3,43
75°	3,85
84°	4,00
95°	8,64

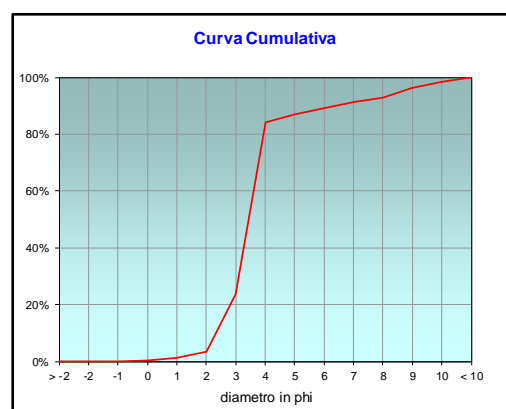
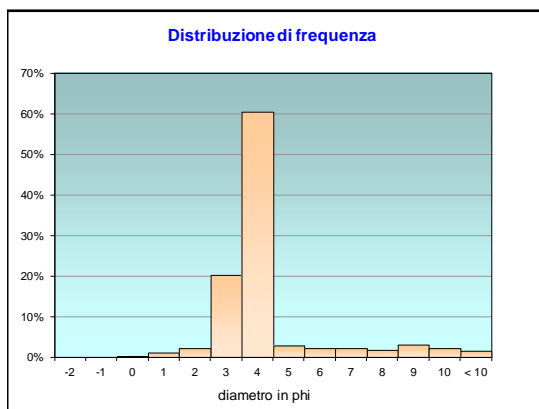
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,30	0	1000	0,17%	0,17%
	2,09	1	500	1,16%	1,32%
	3,86	2	250	2,14%	3,46%
	36,57	3	125	20,25%	23,71%
	109,32	4	62,5	60,53%	84,24%
Limo	5,06	5	31	2,80%	87,04%
	3,80	6	15,6	2,11%	89,15%
	3,83	7	7,8	2,12%	91,26%
	3,13	8	3,9	1,73%	93,00%
Argilla	5,66	9	2,0	3,13%	96,13%
	4,08	10	0,98	2,26%	98,39%
	2,91	< 10	< 0,98	1,61%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,24%	8,76%	7,00%

Note
3,01 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Controllo K12

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	181,72
Peso umido (g)	Pu	242,05
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

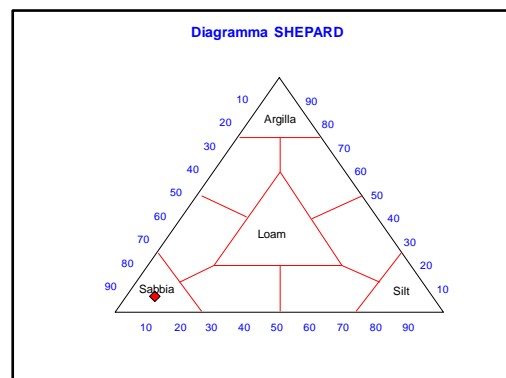
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,35
Classazione	σ_p	0,68
Asimmetria	S_{kp}	-0,09
Appuntimento	K_G	3,27
Mediana	Md	3,44

Percentile	ϕ
5°	2,06
16°	2,63
25°	3,03
50°	3,44
75°	3,84
84°	3,99
95°	8,56

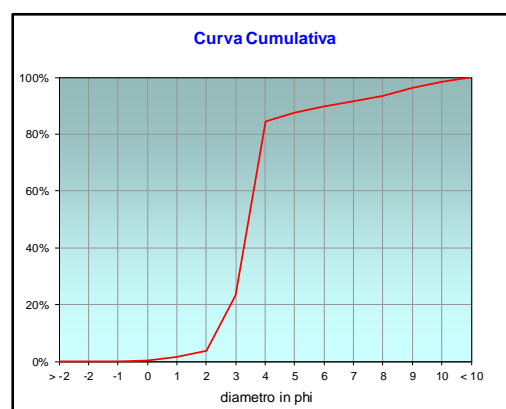
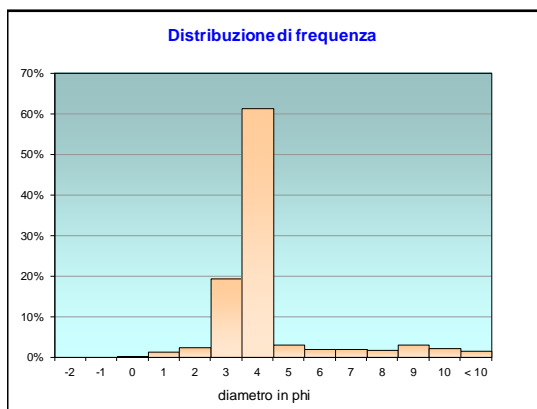
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,41	0	1000	0,22%	0,22%
	2,24	1	500	1,23%	1,46%
	4,37	2	250	2,41%	3,87%
	35,22	3	125	19,38%	23,25%
	111,46	4	62,5	61,33%	84,58%
Limo	5,64	5	31	3,10%	87,68%
	3,64	6	15,6	2,00%	89,68%
	3,66	7	7,8	2,01%	91,70%
	2,99	8	3,9	1,65%	93,34%
Argilla	5,41	9	2,0	2,98%	96,32%
	3,90	10	0,98	2,15%	98,47%
	2,79	< 10	< 0,98	1,53%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,58%	8,76%	6,66%

Note
3,61 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Controllo K13

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	181,72
Peso umido (g)	Pu	250,95
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

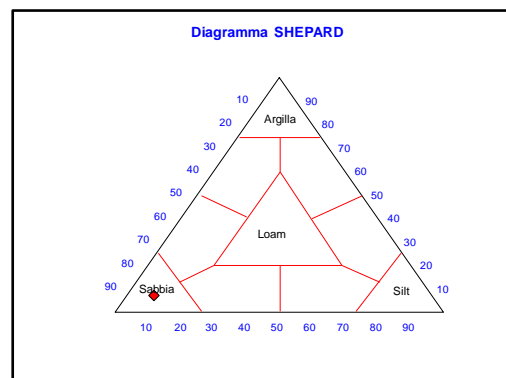
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,34
Classazione	σ_p	0,70
Asimmetria	S_{kp}	-0,10
Appuntimento	K_G	3,26
Mediana	Md	3,43

Percentile	ϕ
5°	2,06
16°	2,60
25°	3,01
50°	3,43
75°	3,84
84°	3,99
95°	8,63

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,41	0	1000	0,22%	0,22%
	2,24	1	500	1,23%	1,46%
	4,37	2	250	2,41%	3,87%
	36,99	3	125	20,36%	24,22%
	109,88	4	62,5	60,47%	84,69%
Limo	4,49	5	31	2,47%	87,15%
	3,79	6	15,6	2,09%	89,24%
	3,82	7	7,8	2,10%	91,34%
	3,12	8	3,9	1,72%	93,06%
Argilla	5,64	9	2,0	3,10%	96,16%
	4,07	10	0,98	2,24%	98,40%
	2,91	< 10	< 0,98	1,60%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	84,69%	8,37%	6,94%

Note
3,61 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica

