

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

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO BONACCIA NW**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA
DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA
BONACCIA NW E DELLA CONDOTTA COLLEGANTE
BONACCIA NW A BONACCIA**

FASE DI PRODUZIONE

RAPPORTO SEMESTRALE

(gennaio - giugno 2016)

RAPPORTO n. 3

**OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – ISMAR UOS ANCONA**

**COORDINATORE:
GIANNA FABI**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:
ALESSANDRA SPAGNOLO**

**RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
ALESSANDRA SPAGNOLO
MIRENO BORGHINI
DANIELE CASSIN
ANNA MARIA DE BIASI
AMELIA DE LAZZARI
CARMEN FERRÀ VEGA
ANNALISA GAETANI
LUDMILA KOZINKOVA
VERA SALVALAGGIO**

ANCONA, Novembre 2016

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. PIATTAFORMA BONACCIA NW	5
2.1. MATERIALI E METODI	5
2.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE	5
2.1.1.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua	5
2.1.1.2 Misure correntometriche	7
2.1.1.3 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica	8
2.1.1.4 Ecotossicologia dei sedimenti	10
2.1.1.5 Analisi di inquinanti e biomarker in organismi marini ...	11
2.1.1.6 Indagini sul popolamento ittico	11
2.1.1.7 Rilevamento del passaggio di cetacei	14
2.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	14
2.1.2.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua	14
2.1.2.2 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	21
2.1.2.3 Ecotossicologia dei sedimenti	25
2.1.2.4 Indagini sulla comunità bentonica	30
2.1.2.5 Indagini sul popolamento ittico	34
2.2. RISULTATI	39
2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	39
2.2.1.1 Temperatura, salinità, torbidità, Ossigeno disciolto e fluorescenza indotta.....	39
2.2.1.2 Sali nutritivi	44
2.2.1.3 Clorofille <i>a</i> , <i>b</i> e <i>c</i> e particolato sospeso	52
2.2.1.4 Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi Policiclici Aromatici, BTEX	58
2.2.1.5 Glicole etilenico	61
2.2.1.6 Metalli pesanti	61
2.2.2. MISURE CORRENTOMETRICHE	67
2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	71
2.2.3.1 Granulometria.....	71
2.2.3.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici	72
2.2.3.3 Idrocarburi totali	75
2.2.3.4 Metalli pesanti	75
2.2.3.5 Sostanza organica	79
2.2.3.6 Total Organic Carbon	80
2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	82
2.2.4.1 <i>Dunaliella tertiolecta</i>	82
2.2.4.2 <i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	82
2.2.4.3 <i>Corophium orientale</i>	83
2.2.4.4 <i>Crassostrea gigas</i>	83
2.2.4.5 Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i>	84

2.2.5.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	87
2.2.5.1	Densità (N) e Biomassa (P)	87
2.2.5.2	Affinità biocenotiche delle specie rinvenute	93
2.2.5.3	Dominanza	94
2.2.5.4	Ricchezza specifica totale (S)	95
2.2.5.5	Ricchezza specifica media (S_m).....	96
2.2.5.6	Diversità specifica (H')	97
2.2.5.7	MultiDimensional Scaling (MDS)	97
2.2.5.8	Valutazione dello stato ambientale	98
2.2.6.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	102
2.2.6.1	Campionamenti di pesca.....	102
2.2.6.2	Investigazioni acustiche	109
2.2.6.3	Acquisizione di immagini tramite telecamera	120
2.2.7.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI.....	123
2.3.	CONCLUSIONI	124

3. SEA-LINE COLLEGANTE BONACCIA NW CON LA PIATTAFORMA

BONACCIA	130
3.1. MATERIALI E METODI	130
3.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE.....	130
3.1.1.1 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica	130
3.1.1.2 Ecotossicologia dei sedimenti	131
3.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	132
3.2. RISULTATI	133
3.2.1 INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	133
3.2.1.1 Granulometria.....	133
3.2.1.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici	134
3.2.1.3 Idrocarburi totali	134
3.2.1.4 Metalli pesanti	134
3.2.1.5 Sostanza organica	136
3.2.1.6 Total Organic Carbon	137
3.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	138
3.2.2.1 <i>Dunaliella tertiolecta</i>	138
3.2.2.2 <i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	138
3.2.2.3 <i>Corophium orientale</i>	138
3.2.2.4 <i>Crassostrea gigas</i>	139
3.2.2.5 Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i>	140
3.2.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	142
3.2.3.1 Densità (N) e Biomassa (P)	142
3.2.3.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute	147
3.2.3.3 Dominanza	148
3.2.3.4 Ricchezza specifica totale (S)	149
3.2.3.5 Ricchezza specifica media (S_m).....	150
3.2.3.6 Diversità specifica (H')	150
3.2.3.7 MultiDimensional Scaling (MDS)	151
3.2.3.8 Valutazione dello stato ambientale	152

3.3.	CONCLUSIONI	155
4.	BIBLIOGRAFIA.....	157
ALLEGATO A	Schede tecniche della strumentazione utilizzata nelle indagini	I
- ALL. A1	Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua	II
- ALL. A2	Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	VII
- ALL. A3	Indagini sulla comunità bentonica.....	XII
- ALL. A4	Indagini sulla comunità ittica	XIV
ALLEGATO B	Schede granulometriche dei siti posti nell'area della piattaforma Bonaccia NW e dei controlli K1-K4 - 1° survey post lavori	XVIII
ALLEGATO C	Schede granulometriche dei siti posti lungo il transetto C e dei controlli K5-K7 - 1° survey post lavori.....	XLIII

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - ISMAR Ancona
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - ISMAR Ancona
Analisi chimiche e fisiche colonna d'acqua	A. Boldrin F. Acri G. Caccamo D. Cassin M. Casula L. Dametto A. De Lazzari M. Leonetti A. Pesce P. Polidori	CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Ancona
Misure correntometriche	M. Borghini L. Mazzei	CNR - ISMAR La Spezia CNR - ISMAR La Spezia
Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia	A.M. De Biasi G. Bontà Pittaluga S. Dell'Ira L. Kozinkova M. Pertusati S. Polese O. Spinelli	CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno
Comunità bentonica	G. Bruno C. Cuicchi L. Montagnini P. Polidori E. Punzo V. Salvalaggio A. Santelli P. Strafella	Cooperativa Mare Ricerca Ancona Cooperativa Mare Ricerca Ancona Cooperativa Mare Ricerca Ancona CNR - ISMAR Ancona
Comunità ittica	P. Polidori C. Ferrà Vega A. Gaetani S. Leoni G. Pellini A.N. Tasseti	CNR - ISMAR Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona CNR - ISMAR Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona CNR - ISMAR Ancona
Censimento mammiferi e rettili marini	V. Salvalaggio P. Strafella G. Bruno S. Leoni C. Ferrà Vega	CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona Coop. Mare Ricerca 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 UOS Ancona utilizzata per le indagini.

1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma Bonaccia NW della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Bonaccia.

Bonaccia NW è installata in Adriatico centrale, a circa 60 km in direzione Est dalla costa marchigiana di Ancona, su un fondale di circa 87 m nella zona delle sabbie argillose del largo.

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

Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte e/o tuttora in corso dal CNR-ISMAR presso analoghe strutture situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d) e le prescrizioni di ARPAM si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua (correnti, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, ecc.) (solo piattaforma);
2. caratteristiche delle comunità fito- e zooplanctoniche (solo piattaforma come da indicazioni ARPAM del 06/02/2015, Prot. 003920);
3. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante (piattaforma e sea-line);
4. ecotossicologia dei sedimenti circostanti (piattaforma e sea-line);
5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti (piattaforma

- e sea-line);
6. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*) (piattaforma e sea-line);
 7. analisi di inquinanti e di biomarkers in organismi marini (*Mytilus galloprovincialis*) insediati sulle parti sommerse della piattaforma;
 8. evoluzione del popolamento ittico (solo piattaforma);
 9. rilevamento del passaggio di cetacei (piattaforma e sea-line).

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

Piattaforma Bonaccia NW:

- a. Fase precedente alla posa in opera della struttura;
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi: le indagini ai punti 1) e 2) dell'elenco sopra riportato sono state condotte su base bimestrale per tutta la durata della fase: le indagini di cui ai punti 3-6 sono state effettuate nel corso di un survey. Il rilevamento del passaggio di cetacei è avvenuto mediante operatori MMO.
- c. Fase di produzione: le indagini previste ai punti 1, 3-9 verranno condotte per 5 anni dopo la fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Per le indagini sedimentologiche, ecotossicologiche, sulla comunità bentonica e la ricerca di inquinanti e biomarkers in organismi marini si effettueranno survey stagionali (inverno ed estate). I campionamenti per lo studio della comunità ittica saranno mensili, mentre l'osservazione di mammiferi marini sarà effettuata mediante 3 campionamenti/mese. Le indagini previste al punto 1 verranno effettuate per tutta la durata dell'esercizio dell'impianto mediante campionamenti bimestrali. Le indagini di cui al punto 2 non sono previste in questa fase.
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento: verranno condotte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8; eccetto lo studio della comunità ittica si prevede un survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell'inizio dei lavori di smantellamento. Per la comunità ittica verranno condotti 3 survey;
 2. smantellamento: in questa fase verranno condotte le indagini di cui ai punti 1, 3-5 e 8; si prevede come minimo n. 1 survey che potrà essere ripetuto in funzione della durata dei lavori;
 3. post-smantellamento: tutte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8 verranno condotte per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Quelle riguardanti i sedimenti e la comunità bentonica si svolgeranno in inverno e/o

estate, il popolamento ittico verrà invece investigato mensilmente. Le indagini riguardanti la colonna d'acqua (punto 1) avranno la durata di 1 anno e si svolgeranno con cadenza bimestrale.

Condotta Bonaccia NW - Bonaccia:

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

Per le fasi a) e b) sono stati previsti monitoraggi semplificati rispetto a quelli successivi all'installazione a causa dell'assenza fisica delle strutture (pre-survey) e di problemi tecnici e di sicurezza legati alla presenza dei mezzi di lavoro (fase di installazione).

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

Nel presente rapporto sono descritti i risultati conseguiti per la piattaforma e per la condotta sottomarina nel 1° semestre della fase di produzione (gennaio - giugno 2016).

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale.

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Bonaccia NW	Sea-line
Ante operam	Colonna acqua	1-3 survey	
	Comunità planctoniche	1-3 survey	
	Sedimenti	1 survey	1-2 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey	1-2 survey
	Comunità bentonica	1 survey	1-2 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey	
Cantiere	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase	
	Comunità planctoniche	Per tutta la durata della fase	
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase	
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase	
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase	
	Rilevamento cetacei	*	*
Esercizio	Correntometria	Per tutta la durata della fase	
	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase	
	Sedimenti	5 anni	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	5 anni	3 anni
	Comunità bentonica	5 anni	3 anni
	Comunità ittica	5 anni	
	Analisi inquinanti e biomarker in organismi marini	5 anni	
	Rilevamento cetacei	5 anni	
Pre smantellamento	Colonna d'acqua	**	1 survey
	Sedimenti	1 survey	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey	1 survey
	Comunità ittica	3 survey	
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione	
Smantellamento	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase	
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase	
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase	
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase	
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione	
Post smantellamento	Colonna acqua	1 anno	1 survey
	Sedimenti	3 anni	1 anno
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni	1 anno
	Comunità bentonica	3 anni	1 anno
	Comunità ittica	3 anni	
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione	

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

** Incluso nella fase di Esercizio

2. PIATTAFORMA BONACCIA NW

2.1. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Bonaccia NW è ubicata a circa 60 km in direzione Est dalla costa marchigiana di Ancona, su un fondale di circa 87 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I. I lavori di installazione sono terminati a fine gennaio 2016.

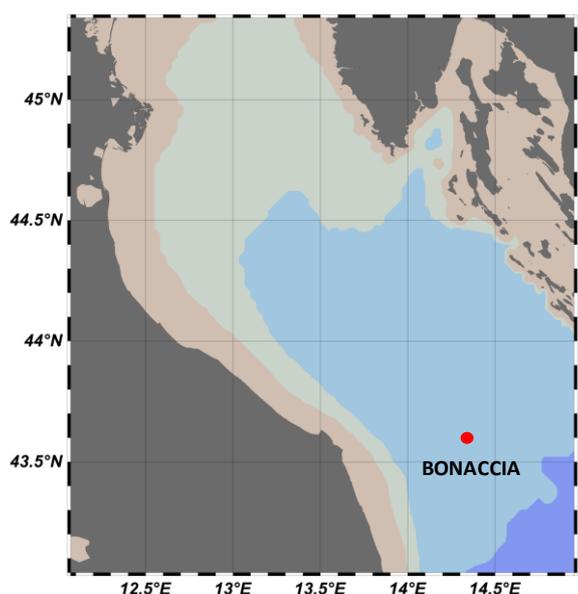


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Bonaccia NW.

Tab. 2-I – Coordinate geografiche del punto in cui è stata installata la piattaforma Bonaccia NW.

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Bonaccia NW	43°35'59'',289N 14°20'08'',604E

2.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua sono stati condotti tre survey (febbraio, marzo e aprile 2016).

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato effettuato in 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dalla piattaforma stessa e 4 a una distanza di circa 2000 m da essa (fig. 2.1; Tab. 2-I).

In tutte le stazioni sono stati misurati parametri in continuo mediante una sonda multiparametrica (CTD; All. A1-I) della Sea Bird modello SBE19plusV2 equipaggiata, oltre che con i sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, con un fluorimetro Turner - Cyclops7 per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a*, con un torbidimetro (Backscatterometro) Turner - Cyclops7 per la misurazione del particolato sospeso (TSM) e con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto e con un altimetro Teledyne Benthos Altimetro PSA-916. La sonda è stata calibrata dalla Ditta costruttrice per i parametri di pressione, temperatura e conducibilità. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con campioni raccolti *in situ* durante ogni campagna e analizzati per il contenuto di ossigeno disciolto (metodo Winkler), di pigmenti clorofilliani (Chl, metodo HPLC) e per il contenuto di materiale particolato totale (TSM, metodo gravimetrico). La sonda ha una frequenza di acquisizione di 4 serie di dati al secondo (4 Hz).

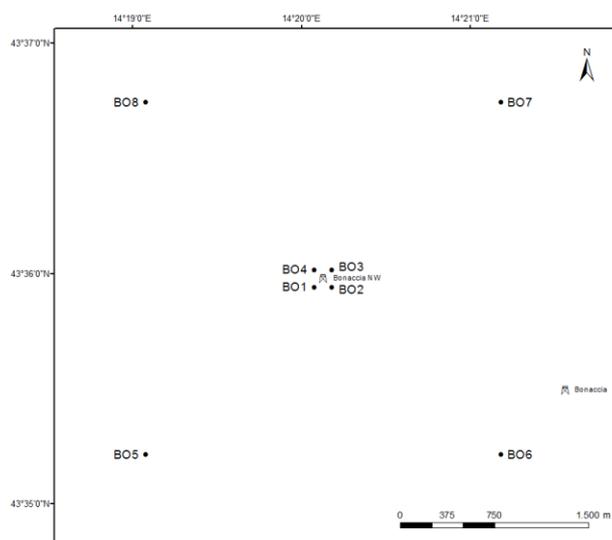


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma per le indagini idrologiche.

Tab. 2-II - Coordinate geografiche delle stazioni di campionamento utilizzate per le indagini idrologiche.

Nome Stazione	Distanza da Bonaccia NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche
BO1	100	SW	43° 35' 57"N 14° 20' 05"E
BO2	100	SE	43° 35' 57"N 14° 20' 12"E
BO3	100	NE	43° 36' 02"N 14° 20' 12"E
BO4	100	NW	43° 36' 02"N 14° 20' 05"E
BO5	2000	SW	43° 35' 13"N 14° 19' 06"E
BO6	2000	SE	43° 35' 14"N 14° 21' 12"E
BO7	2000	NE	43° 36' 45"N 14° 21' 11"E
BO8	2000	NW	43° 36' 45"N 14° 19' 05"E

Lungo la colonna d'acqua sono stati registrati i seguenti parametri:

- profondità (pressione);
- temperatura;
- conducibilità (da cui si ricava la salinità);
- ossigeno disciolto;
- fluorescenza;
- torbidità (Backscatterometro).

Presso ogni stazione sono stati anche prelevati campioni di acqua a 4 quote (superficie, -20 m, -40 m e fondo) mediante “rosette” Sea-Bird Electronics mod. SBE 32C Carousel Water Sampler con bottiglie GO da 5 litri accoppiata alla sonda CTD SBE19 plusV2 (All. A1-I).

Su tali campioni sono stati misurati i seguenti parametri:

- ossigeno disciolto tramite metodo Winkler;
- azoto inorganico come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati;
- fosforo inorganico disciolto come Ortofossato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- Idrocarburi totali;
- Idrocarburi alifatici (IA);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- glicole etilenico.

Tutti i campioni raccolti sono stati mantenuti in luogo fresco ed al buio fino al momento dell'analisi. I campioni dei nutrienti e i filtri per i solidi sospesi e i pigmenti clorofilliani sono stati conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

2.1.1.2 Misure correntometriche

Il 20 aprile 2016 è stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di Bonaccia NW (43°36,00' N, Longitudine 14°20,16' E) a circa 87 m di profondità. Tale ormeggio è costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A1-II), del peso in acqua di circa 13 kg, da Tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa

20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg. Il correntometro acustico (ADCP), oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,5 cm/s e la risoluzione di 0,15 cm/s. Lo strumento è stato settato per misurare con 26 celle da 2 m, coprendo in questo modo 52 m di profilo. Il tempo di campionamento è stato impostato ogni ora. Sono stati registrati dati sino al 30 giugno 2016.

2.1.1.3 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica

Il survey è stato condotto nell'inverno 2016. I prelievi hanno interessato un'area di circa 2000x2000 m all'interno della quale sono state posizionate 20 stazioni lungo due transetti ortogonali tra di loro e aventi come punto di intersezione la piattaforma stessa (fig. 2.3). Il primo transetto (transetto A) è stato orientato da NW verso SE e il secondo (transetto B) da NE verso SW, ortogonalmente alla linea di costa. Le stazioni sono state poste a distanze crescenti dalla struttura (<5 m, 30 m, 60 m, 120 m, 250 m). Sono stati campionati anche 4 siti di controllo posizionati in modo random all'interno di aree (500x500 m) poste a circa 2000 m dalla struttura. La distanza e la posizione delle singole stazioni dal punto "Bonaccia NW" e le profondità relative sono riportate in Tab. 2-III.

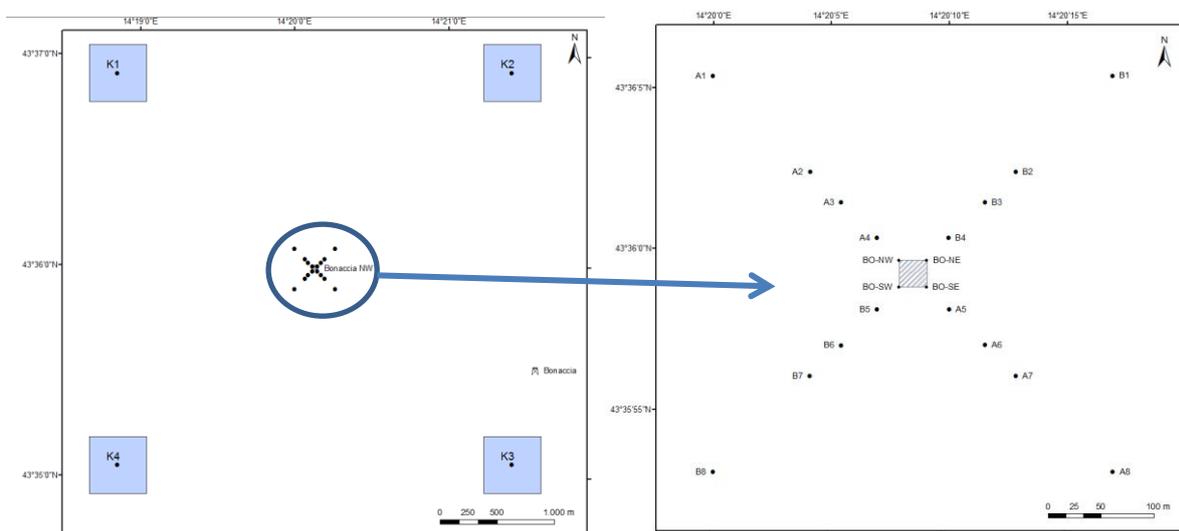


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica nella fase di produzione di Bonaccia NW, con il particolare dei 20 siti attorno alla piattaforma.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 1° survey post lavori di installazione per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Bonaccia NW.

	Distanza dal sito Bonaccia NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A1	250	NW	43°36'140N 14°20'007E	86,3
A2	120	NW	43°36'077N 14°20'067E	86,7
A3	60	NW	43°36'061N 14°20'099E	86,9
A4	30	NW	43°36'041N 14°20'124E	86,9
BO NW	0	NW	43°36'038N 14°20'136E	86,5
BO SE	0	SE	43°36'012N 14°20'155E	87,0
A5	30	SE	43°36'002N 14°20'163E	87,0
A6	60	SE	43°35'990N 14°20'183E	87,0
A7	120	SE	43°35'952N 14°20'222E	87,0
A8	250	SE	43°35'915N 14°20'280E	87,0
B1	250	NE	43°36'128N 14°20'221E	86,3
B2	120	NE	43°36'073N 14°20'235E	86,4
B3	60	NE	43°36'052N 14°20'198E	86,7
B4	30	NE	43°36'044N 14°20'177E	86,9
BO NE	0	NE	43°36'033N 14°20'160E	86,7
BO SW	0	SW	43°36'017N 14°20'122E	87,1
B5	30	SW	43°36'016N 14°20'134E	87,0
B6	60	SW	43°36'001N 14°20'114E	86,9
B7	120	SW	43°35'986N 14°20'088E	86,9
B8	250	SW	43°35'930N 14°20'006E	87,0
K1	2000	NW	43°36'947N 14°18'800E	84,0
K2	2000	NE	43°36'902N 14°21'835E	84,6
K3	2000	SE	43°34'773N 14°21'589E	84,5
K4	2000	SW	43°34'997N 14°18'937E	85,2

Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti - Tutte le stazioni sono state campionate mediante box-corer (fig. 2.4; All. A2-I).

In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

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

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

- granulometria;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Idrocarburi totali;
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- sostanza organica totale;

– Total Organic Carbon (TOC).

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

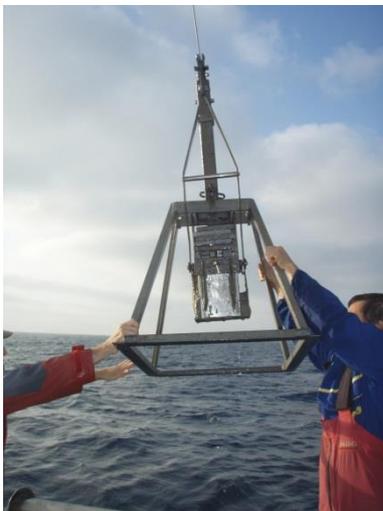


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

Indagini sulle comunità bentoniche - Tutte le stazioni sono state campionate mediante una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 12 l e un'apertura di $0,095\text{ m}^2$ (fig. 2.5; All. A3-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 formaldeide diluita in acqua di mare al 5%.



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

2.1.1.4 Ecotossicologia dei sedimenti

Presso le stazioni di campionamento BO SE, A3, B3, A6, B6, K1, K2, K3 e K4 (fig. 2.3) sono stati prelevati mediante benna Van-Veen anche campioni di sedimento per lo svolgimento dei seguenti saggi ecotossicologici:

- *Dunaliella tertiolecta* (accrescimento);
- *Vibrio fischeri* (variazione della bioluminescenza);

- *Corophium orientale* (mortalità dopo 10 giorni);
- *Crassostrea gigas* (embriotossicità).

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

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

2.1.1.5 Analisi inquinanti e biomarker in organismi marini

Nel primo semestre post lavori di installazione della piattaforma Bonaccia NW non è stato possibile eseguire tale tipo di analisi per la mancanza di esemplari di *Mytilus galloprovincialis* adesi sulle parti sommerse della struttura.

2.1.1.6 Indagini sul popolamento ittico

Campionamenti di pesca - Nel semestre gennaio - giugno 2016 sono stati condotti sei campionamenti di pesca mensili sia nei pressi della piattaforma Bonaccia NW (entro un raggio di 50 m dalla struttura), sia in due aree di controllo prive di substrati duri naturali o artificiali, situate sulla stessa batimetria della struttura e a una distanza di circa 1800 m, in modo da non essere influenzate dalla sua presenza. I campionamenti presso le due aree di controllo sono stati condotti in due dei quattro quadranti (NW, NE, SW e SE) intorno alla piattaforma, scelti in maniera casuale ad ogni campionamento (fig. 2.6).

Lo strumento utilizzato è una rete da posta tipo “tremaglio” avente le seguenti caratteristiche: lunghezza totale 300 m; altezza 3 m; pannello interno in monofilamento di poliammide con maglie di 72 mm di apertura; pannelli esterni in monofilamento di poliammide con maglie di 400 mm di apertura (All. 4-I).

La rete veniva calata al tramonto e salpata all'alba del giorno seguente, per una permanenza in mare di circa 12 h. I campionamenti sono stati effettuati contemporaneamente nei tre siti, al fine di operare nelle medesime condizioni meteorologiche.

Investigazioni acustiche - Le investigazioni acustiche, condotte contemporaneamente ai campionamenti di pesca, sono state eseguite con sistema multibeam echosounder (MBES;

Kongsberg Simrad EM3002D; All. 4-II) installato a bordo della Tecnopeca II di proprietà del CNR-ISMAR UOS Ancona. Kongsberg Simrad EM3002D è un multibeam echosounder ad alta risoluzione che lavora alla frequenza di 300 kHz. Rispetto ai sistemi precedenti, oltre alla completa mappatura del fondale marino, è in grado di acquisire dati acustici riguardanti la colonna d'acqua (fig. 2.7) restituendo, oltre a dati geometrici e morfologici di eventuali aggregazioni di pesce o altri riflettori presenti lungo la colonna stessa, anche immagini tridimensionali.

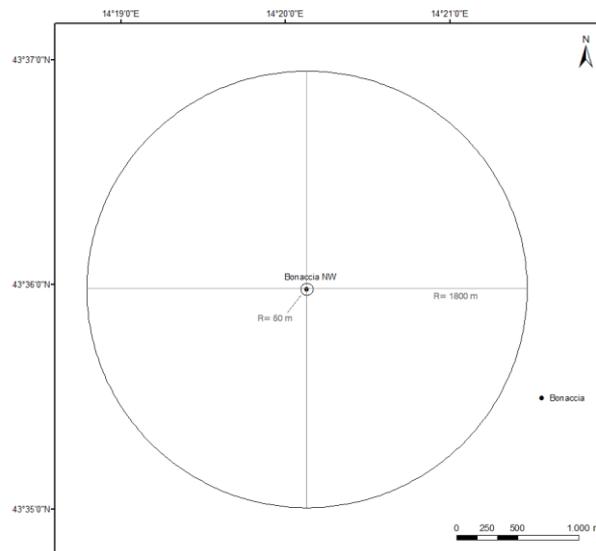


Fig. 2.6 - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica.

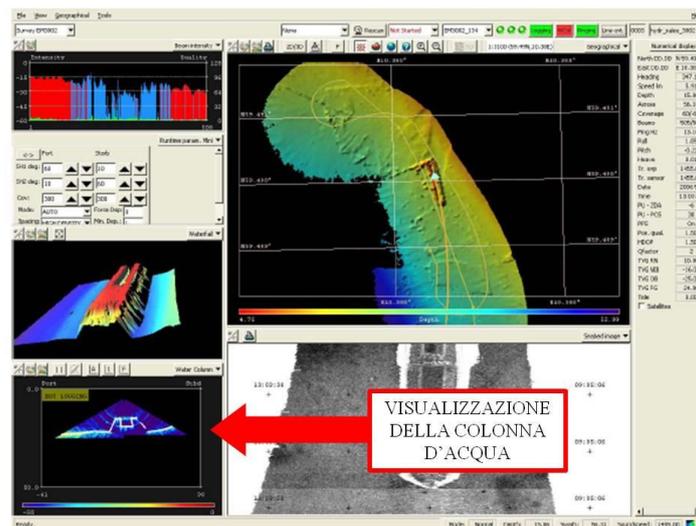


Fig. 2.7 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM3002D. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua. (Modificato da Kongsberg, 2006.)

La fig. 2.8 illustra lo schema di campionamento adottato durante i survey. La colonna d'acqua è stata insonificata tramite una griglia quadrata dimensioni pari a 1500x1500 m composta da 13 transetti, di interasse pari a 125 m circa e centrata sulla piattaforma. Negli schemi planari di campionamento dei vari mesi si evidenzia un'area circolare che individua il volume d'acqua compreso entro un raggio di 300 m dalla piattaforma in quanto, da studi effettuati (Scarcella *et al.*, 2011), si è potuto determinare che tale è l'area di influenza della struttura in ambiente naturale: la circonferenza in planimetria definisce una colonna d'acqua cilindrica entro la quale si può apprezzare la variazione di popolazione ittica nel tempo e relazionarla all'esistenza della struttura.

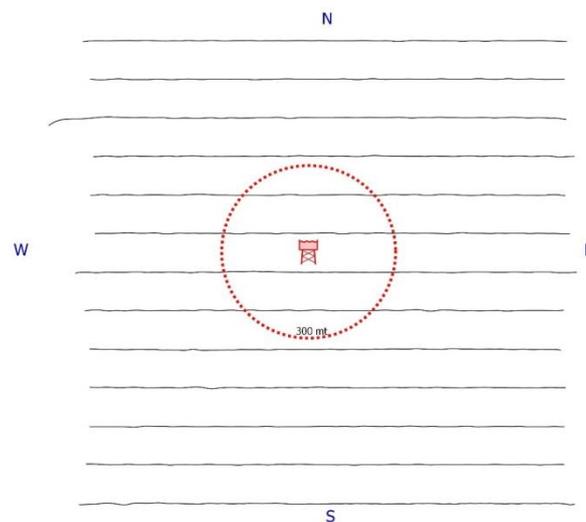


Fig. 2.8 - Schema di campionamento adottato durante i survey. La figura non è in scala. Al centro il simbolo della piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

Un totale di 508 beam acustici è stato campionato digitalmente con una risoluzione spaziale di 15 cm per ciascun ping, creando un'immagine della porzione di massa d'acqua insonificata dal trasduttore. Considerando una profondità media di circa 80 m e un angolo di apertura del cono acustico di 120° in totale, è stato possibile investigare circa 210 m di areale per ogni transetto effettuato.

Tutti i campionamenti sono stati eseguiti nello stesso arco temporale della giornata (dalle 11:00 alle 16:00 circa), con condizioni di mare da calmo a poco mosso.

Indagini video - Durante i survey, ogni qualvolta lo hanno permesso le condizioni di visibilità, sono state realizzate riprese con telecamera subacquea Quasi Stellar Color (All. 4-III) che consente la visione diurna a colori del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità (≥ 200 m 200 m), con intensità di appena 2 millesimi di lux.

Le registrazioni sono state effettuate immergendo la telecamera in prossimità della piattaforma a vari step di profondità, controllando contemporaneamente le registrazioni dal monitor del notebook ad essa collegato: in tal modo si sono acquisiti filmati sulle aggregazioni rilevate ed è stata individuata la quota a cui sono state riscontrate nella colonna d'acqua.

2.1.1.7 Rilevamento del passaggio di cetacei

Gli avvistamenti di cetacei attorno alla piattaforma Bonaccia NW sono stati effettuati in un'area di circa 1 mn² avente al centro il punto Bonaccia NW. All'interno di tale area sono stati tracciati dei transetti distanti circa 500 m l'uno dall'altro e percorsi a una velocità media di 5 nodi (fig. 2.9). Durante il survey due operatori osservavano simultaneamente l'eventuale presenza di cetacei registrandola sul quaderno di campo annotando l'ora, il numero degli esemplari, la loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie. Tali survey sono stati condotti sia nel corso delle campagne di campionamento della colonna d'acqua, dei sedimenti e delle comunità bentonica e ittica, sia durante apposite crociere. Nel periodo gennaio - giugno 2016 sono stati effettuati 3 avvistamenti/mese, per un totale di 18 survey.

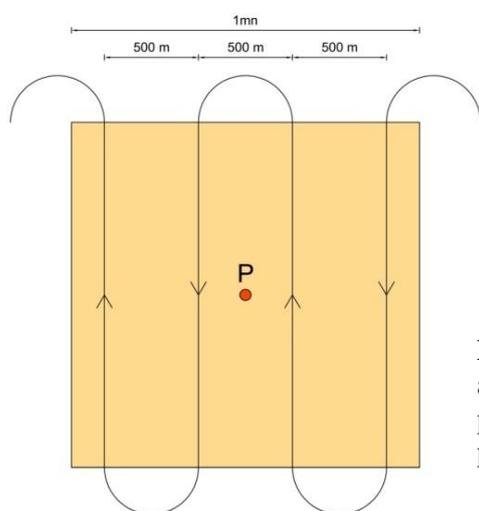


Fig. 2.9 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei nell'area interessata dalla presenza della piattaforma Bonaccia NW. P = piattaforma.

2.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.1.2.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua

I campioni di acqua raccolti sono stati analizzati in laboratorio per valutare il contenuto dei sali nutritivi disciolti (nitrati, nitriti, ammonio, ortofosfati e ortosilicati), dell'ossigeno disciolto, dei solidi totali sospesi (TSM: Total Suspended Matter) e della concentrazione di pigmenti clorofilliani. Sono stati inoltre ricercati i vari inquinanti elencati nel Cap. 2.1.1.

Ossigeno disciolto - E' stato quantificato direttamente a bordo con metodo Winkler (1888): i campioni di acqua appena raccolti sono stati fissati con una soluzione di cloruro di manganese e una soluzione alcalina di ioduro di sodio, e conservati al buio fino alla determinazione. La titolazione è stata effettuata con tiosolfato di sodio con metodo potenziometrico ed elettrodo di platino, entro le 4 h successive, utilizzando la buretta automatica Metrohm Basic Titrino 794 (All. A1-III) e confronto con soluzione standard di iodato di potassio (Strickland e Parsons, 1972; Saggiomo *et al.*, 1990). Le analisi di ossigeno disciolto effettuate sono state utilizzate per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

Sali nutritivi - I campioni per l'analisi dei macro-nutrienti inorganici sono stati prelevati dalle bottiglie di campionamento, dopo filtrazione con filtro in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 µm; Ø = 47 mm), e conservati al buio ad una temperatura di -20°C fino all'analisi.

L'analisi dei nutrienti è stata eseguita tramite un analizzatore colorimetrico automatico EasyChem Plus™ della ditta Systea s.r.l. (All. A1-IV), seguendo le metodiche espote in Grasshoff *et al.* (1999), in particolare:

- azoto da ammoniaca N-NH₃: il metodo prevede che l'ammoniaca reagisca in ambiente alcalino con fenolo e ipoclorito per formare blu di indofenolo letto a 660 nm;
- azoto da nitriti N-NO₂: lo ione nitrito è fatto reagire in ambiente acido con sulfanilamide e naftiletildiamina per formare un composto diazoico di colore rosso. L'assorbanza del prodotto di reazione è misurata a 540 nm;
- azoto da nitrati N-NO₃: il metodo si basa sulla loro riduzione a nitriti e sul successivo dosaggio dei nitriti totali utilizzando la metodica sopra esposta. La riduzione viene effettuata facendo passare il campione attraverso una colonna di cadmio fornita dalla ditta Systea s.r.l.;
- ortofosfati P-PO₄: il campione viene trattato con ammonio molibdato in ambiente acido; il complesso che ne risulta viene ridotto con acido ascorbico a blu di molibdeno. Si misura l'intensità della colorazione così prodotta a 880 nm;
- ortosilicati Si-SiO₄: il metodo automatico prevede la misurazione fotometrica del prodotto di riduzione (blu di molibdeno) che si forma in presenza di acido ascorbico, quando lo ione silicio reagisce con ammonio molibdato in ambiente acido. Il complesso è letto a 880 nm; l'acido ossalico viene addizionato allo scopo di eliminare le interferenze dei fosfati.

Per ogni parametro i limiti di rilevabilità (IRSA-CNR, 1994) sono:

- N-NH₃: 0,05 µM;
- N-NO₂: 0,01 µM;
- N-NO₃: 0,10 µM;
- P-PO₄: 0,01 µM;
- Si-SiO₄: 0,02 µM.

Pigmenti clorofilliani - I campioni per la determinazione delle diverse clorofille sono stati prelevati mediante bottiglie idrologiche e filtrati a bordo, immediatamente dopo il prelievo, su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 µm; Ø = 47 mm), e opportunamente conservati in freezer a -20°C fino al momento dell'analisi. La filtrazione è stata effettuata per aspirazione, con la minore depressione possibile per evitare la rottura delle cellule, in ogni caso minore di 200 mm Hg⁻¹.

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography; All. A1-V) HP 1090 dotato di detector DAD (photodiode array detector), utilizzando una colonna *Synergy-Hydro Reversed-phase* (150 mm x 3 cm x 4 µm). I dati sono stati acquisiti tramite integratore HP 3396 series II. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 µl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 0,8 ml/min con un gradiente binario lineare fra il solvente A (metanolo:ammonio acetato 0.5 N, 70:30 v:v) e il solvente B (metanolo puro), avente il seguente programma (minuti, %A, %B): 0, 75, 25 - 1, 50,50 - 15, 0, 100 - 18,5, 0, 100 - 19, 75, 25. L'identificazione dei pigmenti è stata effettuata per confronto con standard esterni (DHI Laboratories) settando la lunghezza d'onda per la lettura a 440 nm. I valori di clorofilla sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di fluorimetria Turner Cyclops-7 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

TSM (solidi sospesi totali) - Il carico solido totale è stato determinato con la seguente procedura: i campioni prelevati mediante bottiglie idrologiche sono stati filtrati *in situ* su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0.7 µm; Ø = 47 mm), pesati a freddo con bilancia analitica Mettler 0,01 mg (All. A1-V) e riposti in singoli portafiltri numerati. La filtrazione è stata effettuata per aspirazione, con la minore depressione possibile per evitare la rottura delle cellule, in ogni caso minore di 200 mm Hg⁻¹. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione per 3 volte con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a -20°C in essiccatore fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 50-60°C per 4 ore, secondo le

indicazioni riportate da Strickland and Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combustibili è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM (total suspended matter) sono state espresse in mg/l. I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità Turner Cyclops-7 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

Per la misura di inquinanti lungo la colonna d'acqua sono state utilizzate le metodiche elencate in Tab. 2-IV.

Metalli pesanti - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con la sigla ICP-MS. Tale tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione del campione e uno spettrometro di massa separa e rileva gli ioni prodotti.

Si è proceduto con l'agitazione del campione e il trasferimento di 100 ml in una beuta da 125 ml; dopo l'aggiunta di 5 ml di acido nitrico, la beuta è stata riscaldata su una piastra e il campione è stato fatto evaporare fino al raggiungimento di un volume di 10-20 ml. Completata la mineralizzazione, alla soluzione sono state aggiunte due successive aliquote di 5 ml di acqua. Una volta raffreddato, il campione è stato portato a volume con acqua per la successiva introduzione nello strumento di analisi. Lo strumento usato è uno spettrometro di massa con sorgente al plasma ICP-MS 7500ce, con cella di collisione Shield Torch e sistema ISIS, Agilent Technologies, dotato di autocampionatore ASX520, Cetac (All. A1-VI).

Per la valutazione del silicio la base del metodo consiste nella misura delle intensità delle radiazioni elettromagnetiche emesse dagli atomi/ioni eccitati delle specie presenti nel campione, mediante tecniche spettrometriche con sorgente al plasma (ICP-OES). Il campione è trasportato nel plasma, dove, in seguito a fenomeni di eccitazione, avviene la produzione dello spettro di emissione composto dalle righe caratteristiche degli elementi presenti. Tali righe, dopo essere state separate mediante un sistema di dispersione, vengono inviate su un rivelatore (fotomoltiplicatore o a stato solido) che produce un segnale elettrico di intensità proporzionale all'intensità delle righe di emissione. Le intensità di emissione vengono rilevate, simultaneamente o in sequenza, e la concentrazione di analita presente nel campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

Per la misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-AES Vista-MPX dotato di autocampionatore SPS-3, Varian (All. A1-VII).

Tab. 2-IV - Elenco degli inquinanti analizzati lungo la colonna d'acqua e metodi di analisi utilizzati.

METALLI			
	unità di misura	limite rilevabilità	metodo
Alluminio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Arsenico	µg/L	0,1	EPA 6020A
Bario	µg/L	0,1	EPA 6020A
Cadmio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Cromo	µg/L	0,1	EPA 6020A
Ferro	µg/L	5	EPA 6020A
Mercurio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Nichel	µg/L	0,1	EPA 6020A
Piombo	µg/L	0,1	EPA 6020A
Rame	µg/L	0,1	EPA 6020A
Vanadio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Zinco	µg/L	0,1	EPA 6020A
Indio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Silice	mg/L	0,01	EPA 200.7
SOLVENTI ORGANICI AROMATICI (BTEX)			
Benzene	µg/L	0,1	EPA 5030C + EPA 8260C
Etilbenzene	µg/L	1	EPA 5030C + EPA 8260C
Stirene	µg/L	1	EPA 5030C + EPA 8260C
Toluene	µg/L	1	EPA 5030C + EPA 8260C
Xilene	µg/L	1	EPA 5030C + EPA 8260C
ALTRE SOSTANZE			
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	30	EPA 5021A + EPA 3510C + 8015D
Etilenglicole	mg/L	10	M.U. 1367:99
Idrocarburi policiclici aromatici	µg/L	0,01-0,1	EPA 3510C + EPA 8310
Idrocarburi alifatici	µg/L	1	EPA 3510C + EPA 8270D

EPA METHOD 6020A, 2007 - Inductively coupled plasma-mass spectrometry.

EPA METHOD 200.7, 2001 - Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

EPA METHOD 5030C, 2003 - Purge-and-trap for aqueous samples.

EPA METHOD 8260C, 2006 - Volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (gc/ms).

EPA METHOD 5021A, 2003 - Equilibrium headspace.

EPA METHOD 3510C, 1996 - Separatory funnel liquid-liquid extraction.

EPA METHOS 8015D, 2003 - Nonhalogenated organics using gc/fid.

EPA METHOD 8310, 1986 - Polynuclear aromatic hydrocarbons.

EPA METHOD 8270D, 2007 - Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (gc/ms).

M.U. 1367:99 - Metodi Unichim, Qualità dell'acqua: determinazione di glicoli: etilenico, dietilenico, propilenico, dipropilenico e trietilenico - Metodo gascromatografico.

Solventi organici aromatici (BTEX) - La determinazione è stata effettuata mediante gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico ("Purge & trap"). Soltanto i composti scarsamente solubili in acqua, relativamente volatili, tendono ad occupare lo spazio di testa e quindi possono essere trasferiti nel gascromatografo; in tal modo è possibile minimizzare eventuali interferenze e/o contaminazioni della colonna gascromatografica e del rivelatore.

Il metodo prevede l'estrazione dalla matrice acquosa delle sostanze organiche volatili, con bassa solubilità in acqua, mediante il gorgogliamento di un gas inerte (elio) direttamente nelle vials di campionamento (40 ml). I composti così estratti vengono intrappolati in

apposito materiale adsorbente. Terminata l'estrazione, la trappola viene riscaldata e gli analiti sono trascinati dal flusso del gas all'interno del gas cromatografo equipaggiato con rivelatore a massa.

Lo strumento utilizzato per la determinazione dei BTEX è uno spettrometro di massa quadrupolare HEWLETT-PACKARD GC/MS 5973 Network, munito di 1 autocampionatore a 51 posizioni per spazio di testa 4552 Purge & Trap e sistema di Purge & Trap Eclipse 4660 O.I. Analytical (All. A1-VIII).

Idrocarburi totali - Questo parametro relativamente alle acque è da intendersi come somma delle due seguenti classi:

- a) i composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C₁₀ H₂₂) e del n-tetracontano (C₄₀ H₈₂) (frazione estraibile).
- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra il n-pentano (C₅ H₁₂) e in n-decano (C₁₀ H₁₂) inclusi (frazione volatile).

Analisi frazione volatile: Il metodo è applicabile a una vasta gamma di composti organici che hanno una volatilità sufficientemente elevata da essere efficacemente rimossi dal campione, mediante la procedura di equilibrio in spazio di testa.

In laboratorio, parte del campione d'acqua è stato trasferito in una vial per spazio di testa. All'interno della vial è stato inoltre aggiunto un modificatore di matrice e il relativo standard interno; successivamente, la vial chiusa e ben mescolata è stata posizionata nell'autocampionatore e mantenuta a temperatura ambiente. Il modificatore di matrice ha lo scopo di ben separare i composti volatili all'interno dello spazio di testa. Circa 1 ora prima dell'analisi, le singole fiale sono state riscaldate e miscelate per vibrazione meccanica.

L'autocampionatore ha quindi pressurizzato le vials con gas elio il quale ha spinto la miscela gassosa, formatasi nello spazio di testa attraverso una linea di trasferimento riscaldata, nella colonna GC. Le analisi sono eseguite utilizzando un GC con rivelatore a fiamma (FID).

Analisi frazione estraibile: In un cilindro graduato è stato misurato 1 l di campione che è stato travasato dal cilindro nell'imbuto separatore. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto

è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rivelatore a fiamma (FID) con colonna capillare.

Gli idrocarburi totali sono stati determinati con un gascromatografo GC 8000 FISIONS INST. con colonna capillare e rivelatore F.I.D., munito di autocampione per spazio di testa statico a 50 posizioni (All. A1-IX).

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e Idrocarburi Alifatici (IA) - I campioni di acqua sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli Idrocarburi totali sino all'essiccazione del campione dell'estratto tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente, per IPA e IA è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (acetonitrile e isoottano rispettivamente per analisi di IPA e IA) per la successiva analisi cromatografica.

Nel caso degli **IPA**, la concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Dibenzo(a,h)Antracene, Benzo(g,h,i)Perilene, Indenopirene) è stata determinata con cromatografo liquido ad alte prestazioni HPLC PE 200, accoppiato a un rivelatore a fluorescenza programmabile serie 200A. La colonna utilizzata è una Supelcosil LC-PAH (L = 150 mm ϕ = 3 cm, 5 micron) a fase inversa (All. A1-X). L'eluizione è avvenuta in gradiente ed è stata eseguita con acetonitrile-acqua come fase mobile ad un flusso di 0,8 ml/min. La colonna è stata termostata a 40°C. Un programma di lunghezza d'onda variabile è stato sviluppato per consentire il rilevamento ottimale di tutti i composti. L'identificazione e la quantificazione dei composti si basa sul confronto con i tempi di ritenzione e sulla misurazione dell'area dei picchi di standard di riferimento esterni. Il limite di rilevabilità è compreso tra 0,01 e 0,1 $\mu\text{g/l}$. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Gli **IA** sono analizzati mediante gascromatografia capillare con gascromatografo Agilent 7820A accoppiato a rivelatore di massa sistema MSD Agilent 7820A accoppiato a

rilevatore di massa sistema MSD Agilent Serie 5977A con autocampionatore a 50 posizioni (All. A1-XI).

L'identificazione degli IA si basa sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard e la quantificazione è stata determinata dalle curve di taratura per ciascun composto analizzando cinque standard esterni. I limiti di rilevazione sono stati misurati con il metodo della curva di calibrazione e campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero del campione e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Glicole etilenico - È stato misurato nei campioni di acqua mediante tecnica gas cromatografica utilizzando il rilevamento a ionizzazione di fiamma (FID). L'analisi in campioni d'acqua di mare non prevede la preparazione del campione, che è stato pertanto iniettato direttamente nello strumento previo prelievo di aliquota tarata.

Analogamente agli idrocarburi totali, l'etilenglicole è stato determinato con un gascromatografo GC 8000 FISONI INST. con colonna capillare e rivelatore F.I.D., munito di autocampionatore per spazio di testa statico a 50 posizioni (All. A1-IX).

I dati raccolti sono stati restituiti in forma grafica in modo da descrivere l'andamento dei parametri lungo la colonna d'acqua, lungo transetti e spazialmente utilizzando appositi software.

Per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati registrati e raccolti tramite le sonde CTD è stato utilizzato un software fornito dalla casa produttrice seguendo le norme suggerite dall'UNESCO (UNESCO, 1988) e riportate sul manuale "Handbook of method protocols" (Artegiani, 1996); le grandezze derivate, come salinità e anomalie della densità, sono state calcolate secondo gli algoritmi dell'UNESCO (UNESCO, 1983).

Per le varie elaborazioni grafiche sono stati utilizzati il software Grapher™ Vers. 11.3. della Golden Software, Inc., e il software Ocean Data View © Vers: 4.7.7 (Schlitzer, 2016).

2.1.2.2 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. A2-II). Successivamente sono stati posti in contenitori di alluminio e introdotti in stufa (All. A2-III) a 110°C per almeno 24 h. Una volta raggiunta la completa essiccazione si è proceduto alla misurazione del peso secco.

Per la separazione in sabbie e peliti ogni campione è stato immerso in acqua tiepida sino alla sua completa disgregazione; si è quindi proceduto alla setacciatura con maglie da 63 μ . Il materiale trattenuto dal setaccio, definito come sabbie, è stato fatto essiccare in stufa a 130°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto ad indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci (All. A2-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. A2-V) per terreni secondo il metodo di Casagrande basato su due proprietà: a) velocità con cui si depositano i grani in sospensione in un liquido viscoso in quiete dipende dal volume, dalla forma e dal peso dei granuli stessi (Legge di Stokes); b) la densità della sospensione ad un dato istante è funzione della qualità del prodotto solido non ancora depositato.

IPA - Per la determinazione degli IPA 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. A2-VI). I componenti della miscela (IPA), separati tra loro, sono stati rilevati con la tecnica FID (rilevatore ionizzazione di fiamma), che consente di valutare i tempi di ritenzione e l'ampiezza dei picchi relativi. Il limite di rilevabilità dello strumento è 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

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

Idrocarburi totali - Per gli idrocarburi leggeri ($C < 12$) sono stati seguiti i metodi EPA 5021A (2003a) e EPA 8015D (2003b). 5 g di sedimento sono posti in vial in cui sono stati aggiunti 10 ml di acqua procedendo al riscaldamento della miscela a 65°C per 1 h. Successivamente 0,5 ml sono stati iniettati nello spazio di testa in Gascromatografia (GC) con rilevatore FID (All. 2-VI).

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

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg/kg di sostanza secca: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio 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 HNO_3 , 1 ml di HCl e 4 ml di H_2O .

Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua ultrapura. Gli acidi impiegati sono tutti rigorosamente ultrapuri. L'analisi per la determinazione del **mercurio** è stata condotta mediante tecnica AAS previa decomposizione termica ed amalgamazione (DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio FKV; All. A2-VII) seguendo la metodica EPA 7473 (2007a). La prova è stata effettuata direttamente sul campione tal quale (senza passaggio di mineralizzazione) pesando aliquote comprese tra 10 e 100 mg.

Le determinazioni di **cadmio**, **arsenico** e **piombo** sono state condotte mediante spettroscopia di assorbimento atomico in fornetto di grafite (Varian SpectrAA-240Z. All. A2-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007b).

Le concentrazioni di **alluminio**, **bario**, **cromo**, **nichel**, **rame**, **silicio**, **ferro**, **vanadio** e **zinco** sono state ottenute mediante tecnica ICP-AES (Varian ICP-720ES; All. A2-IX) seguendo la metodica EPA 6010C (2007c).

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

L'analisi per la determinazione dell'indio è stata effettuata tecnica ICP-MS (Agilent Mod. 7700; All. A2-X) previa mineralizzazione acida impiegando un sistema "Digiprep" specifico per l'introduzione di campioni nell'ICP MS. Sono stati utilizzati circa 0,5 g di sostanza secca, mineralizzati con 10 ml di Acido Nitrico e portati a un volume finale di 50 ml utilizzando acqua Millipore.

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

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

Tab. 2-V - 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	Fe	Hg	In	Ni	Pb	V	Si	V	Zn
125	96	130	76	107	97	98	101	93	97	95	83	n.d.	107	95

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-VI.

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

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Ni	Pb	V	Si	V	Zn
DL	1 µg/l	0,22 µg/l	0,15 µg/l	0,009 µg/l	0,9 µg/l	1,0 µg/l	0,8 µg/l	0,02 ng	0,2 µg/l	1,4 µg/l	0,2 µg/l	2,5 µg/l	0,7 µg/l	0,5 µg/l	1,4 µg/l
MDL	0,03 %	0,3 mg/kg	1,20 mg/kg	0,01 mg/kg	1,20 mg/kg	1,20 mg/kg	0,03 %	0,005 mg/kg	0,1 mg/kg	1,20 mg/kg	0,3 mg/kg	5 mg/kg	1,20 mg/kg	1,20 mg/kg	1,20 mg/kg

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

costante.

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

2.1.2.3 Ecotossicologia dei sedimenti

Dunaliella tertiolecta

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

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

Esecuzione del saggio - Il saggio con *D. tertiolecta* è stato condotto in triplicato, effettuando 5 diluizioni a partire dal campione tal quale; come supporto sono state utilizzate piastre sterili di polistirene da 24 pozzetti della capacità di 3 ml ciascuno. Parallelamente, per ogni piastra è stato eseguito anche un test con un controllo negativo costituito da acqua di diluizione (acqua di mare ISO a cui sono state aggiunte concentrazioni note di nutrienti). A ciascuna diluizione e al controllo è stata aggiunta una concentrazione nota di clone algale in rapporto di 1:1000. Una volta inoculato il clone algale (concentrazione iniziale 2×10^3 cellule ml⁻¹), le piastre sono state trasferite per 72 h in camera fitologica a condizioni di temperatura e luminosità controllate (T = 20±2°C, luminosità < 10000 lux). Al termine dell'esposizione è stata verificata la crescita algale nel

campione, espressa come densità algale, mediante lettura al Coulter Counter; si è proceduto quindi al conteggio delle tre repliche del campione tal quale e del controllo e al loro confronto statistico, per verificare eventuali aumenti o diminuzioni significative della crescita algale nel campione rispetto al controllo e procedere eventualmente alla lettura delle altre diluizioni.

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio possono essere riportati come percentuale di inibizione della crescita algale e, qualora la tossicità del campione lo consenta, in termini di EC₅₀ o EC₂₀. L'EC₅₀ e l'EC₂₀ si calcolano utilizzando il foglio Excel sviluppato dalla DTU (Danmarks Tekniske Universitet) denominato "KOK457T3" che utilizza i programmi statistici LOG457.EXE e LOG457W.EXE elaborati per la determinazione della relazione concentrazione-effetto in endpoint continui (Christensen *et al.*, 2009).

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

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

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

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

***Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)**

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

Un'aliquota del sedimento da testare è stata unita con il volume calcolato dell'acqua di

mare naturale filtrata in rapporto 1:4. Le sospensioni ottenute sono state poste in agitazione per 1 h e centrifugate a temperatura di 10°C per 20' a 3000 rpm. Il sopranatante, che rappresenta l'elutriato, è stato prelevato con cautela e conservato a temperatura di -30°C. Prima dell'allestimento del test sono misurati il pH e la salinità dell'elutriato. La scala di tossicità adottata è riportata in Tab. 2-VII.

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

Critério	Tossicità
$EC_{20} \geq 90\%$	Assente
$EC_{20} < 90\%$ e $EC_{50} \geq 90\%$	Bassa
$20\% \leq EC_{50} < 90\%$	Media
$EC_{50} < 20\%$	Alta

Corophium orientale

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

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

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

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

(96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg l⁻¹ CdCl₂.

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

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

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

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

Crassostrea gigas

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

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

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

tamponata ed è stata determinata la percentuale di larve normoformate (larve D) impiegando un microscopio ottico invertito.

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

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio di embriotossicità possono essere espressi sia in termini di percentuale di successo del test normalizzata (S%) rispetto alla risposta del controllo (acqua marina artificiale), sia in termini di EC₅₀, qualora la distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC₅₀ sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione $TU = 100/EC_{50}$.

Al dato di tossicità è stato associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-IX.

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

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

Dove:

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

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

Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

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

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

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

ovvero a un livello corrispondente alla salinità richiesta nel test.

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti ~300 cm³ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata (36±2‰). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e areati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di 16±2°C, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

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

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

$$D = (C_e - C_b)$$

dove:

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

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

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

Si ritiene significativa al fine della valutazione del bioaccumulo una differenza ≥20%.

2.1.2.4 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. A3-III e A3-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. A3-V). Per ogni stazione sono stati quindi calcolati i seguenti indici medi utilizzando i dati relativi alle 6 repliche:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L'indice W prevede l'integrazione dei dati di abbondanza numerica e di biomassa delle

single 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-X.

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

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

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

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

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

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

- gruppo I: Specie molto sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali. Tale gruppo include i carnivori specialisti e alcuni policheti tubicoli detritivori.
- gruppo II: Specie indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo. Esse includono sospensivori, alcuni carnivori poco selettivi e scavatori.
- gruppo III: Specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti. Queste specie possono essere presenti in condizioni normali, ma le loro popolazioni sono stimolate da un aumento di sostanza organica. Si tratta prevalentemente di detritivori superficiali.
- gruppo IV: Specie opportuniste di secondo ordine; principalmente piccoli policheti detritivori sub-superficiali, come i cirratulidi.
- gruppo V: Specie opportuniste di primo ordine; sono detritivori che proliferano in sedimenti poco ossigenati e ridotti.

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

Tab. 2-XI - 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.

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

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

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

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

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

Sulla base dei risultati ottenuti, per ogni sito di campionamento è stato possibile stilare una classifica della qualità dell'ambiente secondo i criteri riportati in Tab. 2-XII. In Tab. 2-XIII 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-XII - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice BENTIX (Zenetos *et al.*, 2004).

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

Tab. 2-XIII - 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

2.1.2.5 Indagini sulla comunità ittica

Campionamenti di pesca

Tutti gli individui delle specie presenti nelle catture sono stati portati in laboratorio e determinati dal punto di vista sistematico secondo Whitehead *et al.* (1986) per le specie ittiche e Fisher *et al.* (1987) per i crostacei e i molluschi. Inoltre, su ciascun esemplare sono stati rilevati i seguenti parametri morfometrici:

- lunghezza totale (pesci; al ½ cm inferiore);
- lunghezza del mantello (molluschi cefalopodi; al ½ cm inferiore);

- lunghezza del carapace (crostacei; al mm inferiore);
- peso fresco (al g inferiore).

Per *Sardina pilchardus* e *Engraulis encrasicolus* sono stati rilevati solo il numero e il peso complessivo.

Le varie specie ittiche catturate sono state suddivise in pelagiche (P), necto-bentoniche (NB) e bentoniche (B). Inoltre, per comprendere meglio l'influenza della piattaforma Elettra sulla fauna originaria, ciascuna specie è stata definita come “attratta” (AT), “parzialmente attratta” (PA) o “non attratta” (NA) in base alla sua affinità con i substrati duri, naturali o artificiali (Bombace *et al.*, 1994). Le specie definite “attratte” hanno un habitat limitato e sono strettamente dipendenti dai substrati duri. Esse utilizzano tali substrati, naturali o artificiali, per rifugiarsi e, probabilmente, “pascolano” su di essi o nelle loro immediate vicinanze. Quelle definite “parzialmente attratte” sono generalmente specie mobili, che possono essere temporaneamente attratte dai fondi duri, ma si possono osservare anche in aree prive di tali substrati. Le specie “non attratte” invece non hanno alcun rapporto con la piattaforma e, di norma, sono reperibili sul fondale originario.

Poiché la permanenza in mare dell'attrezzo variava nelle diverse stagioni e a volte la rete poteva subire dei danni a causa delle cattive condizioni meteo-marine, i dati di cattura delle singole specie sono stati standardizzati come numero e peso di individui pescati con 500 m di rete e 12 h.

Per le tre zone (piattaforma e 2 controlli) sono state calcolate sia la Ricchezza Specifica totale (S_{tot}), intesa come numero totale di specie rilevato in tutto il periodo di survey, sia la Ricchezza Specifica per cala (S), come numero di specie catturate in ogni campionamento di pesca.

L'indice di Shannon-Weaver (H'), per la cui definizione si rimanda al capitolo precedente, è stato applicato anch'esso ai dati relativi ad ogni singola cala in tutti i tre siti.

I rendimenti di pesca sono stati calcolati sia in termini numerici (n. ind/500m/12h) che ponderali (kg/500m/12h).

Al fine di comparare i risultati ottenuti per i suddetti indici nei tre siti, data la bassa numerosità campionaria è stato utilizzato un t-test per campioni indipendenti. Prima di effettuare questa analisi sono state valutate le assunzioni di normalità distributiva dei dati ed eguaglianze delle varianze rispettivamente con i test di Kolmogorov-Smirnov e di Levene (Zar, 1984). Se tale assunzioni non erano rispettate si è proceduto all'utilizzo di un test non parametrico Wilcoxon-Mann-Whitney.

Investigazioni acustiche

L'elaborazione dei dati inerenti la colonna d'acqua, rilevati tramite MBES, è stata eseguita con il software Echoview (Myriax, Tasmania), il quale dalla elaborazione dei *raw data* riproduce le informazioni come immagini bi- o tridimensionali dei banchi di pesce acquisiti.

Dopo la conversione dei *raw data*, è stato eseguito lo *screening* dettagliato degli ecogrammi bidimensionali relativi a ciascun transetto. Una volta individuata una possibile aggregazione di pesce (*target*), sono stati selezionati i ping contenenti l'aggregazione creando un sottoinsieme dell'ecogramma. In presenza di rumore di fondo ben distinguibile dal target, è stata applicata una pulizia del dato utilizzando la procedura di mascheramento di Echoview. D'altra parte, nel caso di intenso e diffuso rumore di fondo dovuto alla presenza di strutture e/o oggetti in grado di creare un forte *backscatter* e *scattering* dell'impulso acustico, non è stato possibile individuare alcun banco di pesce per l'alto livello di mascheramento. Questo avviene per esempio in prossimità della piattaforma stessa (fig. 2.10) la cui base, costituita da pali che si estendono verticalmente lungo tutta la colonna d'acqua, crea un intenso *backscatter* oltre al fenomeno di *scattering* omnidirezionale.

Inoltre, gli impulsi che penetrano negli spazi tra i pali della piattaforma possono venire riflessi più volte prima di tornare ai trasduttori o perdersi nell'ambiente circostante. Per tale motivo solo quei target chiaramente distinguibili dall'intenso rumore di fondo sono stati presi in considerazione. Una volta individuato, il banco di pesce è stato identificato e selezionato tramite la procedura *target detection* utilizzando l'algoritmo *cruise-scanning* per piattaforme (tipo imbarcazioni) in movimento (fig. 2.11). Visto che il sistema EM3002D non è calibrato per l'identificazione di particolari specie ittiche, si è considerato un *target strength* medio di -40 dB, funzione delle lunghezze degli individui catturati durante i campionamenti di pesca nell'area oggetto di studio e funzione della frequenza del MBES EM3002D. Questa procedura, oltre a fornire l'immagine tridimensionale del target, permette di estrarne sia le informazioni metriche che le variabili acustiche.

Di seguito si riporta la descrizione relativa a ciascuna caratteristica metrica e variabile acustica considerata per ogni target tridimensionale individuato (Tab. 2-XIV e 2-XV).

Completata l'individuazione dei banchi di pesce, sono state create scene quadrimensionali (tre dimensioni spaziali e dimensione temporale) delle porzioni di colonna d'acqua investigate, includendo anche il fondale marino e la superficie dell'acqua.

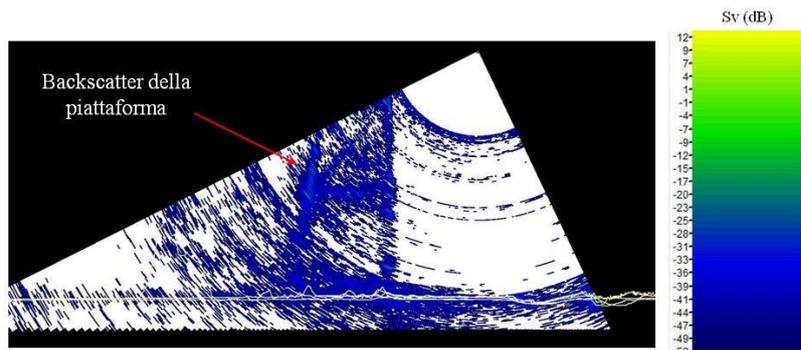


Fig. 2.10 - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma Clara NW. Il forte backscatter dovuto alla presenza della struttura stessa e lo scattering omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma o all'interno dell'areale tra i pali della stessa. Sv=Volume backscatter strength.

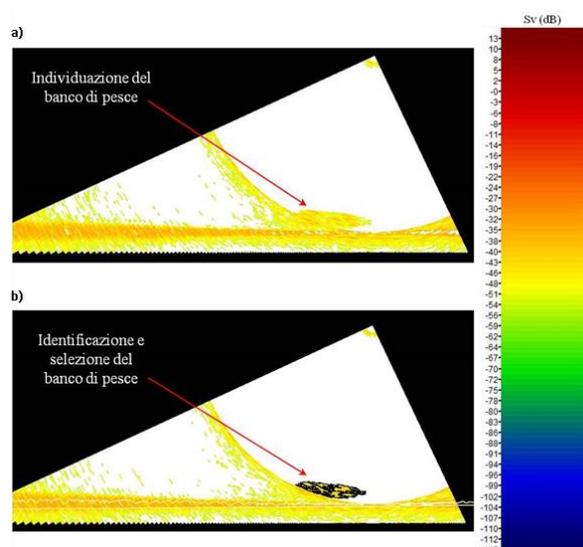


Fig. 2.11 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echoview. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del target tramite la procedura Target detection. La scala a colori sulla destra rappresenta il volume backscattering strength (Sv) in dB e si riferisce a entrambi a) e b).

Indagini video in prossimità della piattaforma

I video registrati mediante telecamera in prossimità della piattaforma sono stati analizzati al fine di avvalorare i risultati ottenuti dalla pesca e dalle investigazioni tramite MBES e per avere un riscontro sull'effettivo potere attrattivo della stessa.

Tab. 2-XIV - Descrizione delle caratteristiche metriche relative ai target tridimensionali (aggregazioni di pesce) individuati durante la procedura di *Target detection* del software Echoview.

Caratteristica metrica	Unità	Descrizione
Superficie	m ²	Superficie del target (include la superficie di eventuali vacuoli individuati all'interno del target).
Lunghezza NS	m	Lunghezza massima del target lungo l'asse Nord-Sud.
Lunghezza EW	m	Lunghezza massima del target lungo l'asse Est-Ovest.
Profondità minima	m	Profondità minima del target.
Profondità massima	m	Profondità massima del target.
Altezza	m	Altezza del target (dalla profondità massima alla profondità minima).
Volume	m ³	Volume del target (non include il volume di eventuali vacuoli individuati all'interno del target).
Centro geometrico (LAT)	gradi	Latitudine del punto geometrico centrale del target.
Centro geometrico (LONG)	gradi	Longitudine del punto geometrico centrale del target.
Centro geometrico profondità	m	Profondità del punto geometrico centrale del target.
Ruvidità	m ⁻¹	Superficie del target diviso il volume del target.
n. vacuole	-	Numero di vacuoli individuati all'interno del target.
Volume totale vacuole	m ³	Volume totale dei vacuoli individuati all'interno del target.

Tab. 2-XV - Descrizione delle variabili acustiche relative ai target tridimensionali (aggregazioni di pesce) individuati durante la procedura di *Target detection* del software Echoview.

Variabile acustica	Unità	Descrizione
Sv medio	dB re 1 m ⁻¹	Volume backscatter strength all'interno del target.
n. campioni	-	Numero di campioni validi all'interno del target.
n. ping	-	Numero di ping analizzati che intersecano il target.
n. beam	-	Numero di beam analizzati che intersecano il target.
Sv minimo	dB re 1 m ⁻¹	Valore minimo del volume backscatter strength all'interno del target.
Sv massimo	dB re 1 m ⁻¹	Valore massimo del volume backscatter strength all'interno del target.
Densità	Kg/m ³	La densità volumetrica di pesce espressa in unità di massa.

2.2. RISULTATI

2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

2.2.1.1 Temperatura, salinità, torbidità, Ossigeno disciolto e fluorescenza indotta

Nel **febbraio 2016** la colonna d'acqua nella maggior parte delle stazioni si è presentata sostanzialmente omogenea, con temperature di circa 14,0°C e salinità 38,7 psu (fig. 2.12). Hanno costituito un'eccezione la stazione BO8, caratterizzata da valori termo-alini inferiori rispetto agli altri siti su tutta la colonna, e la BO5, presso la quale in superficie sono stati registrati i minimi di temperatura (13,70°C) e salinità (38,64 psu). Questo ha determinato in superficie un gradiente di temperatura e salinità in aumento da W verso E (fig. 2.13). La torbidità, misurata come *backscattering* ed espressa dopo calibrazione in mg l^{-1} , è risultata variabile fra le stazioni, ma con la tendenza comune ad aumentare verso la superficie fino a un massimo di 4,48 mg l^{-1} in BO5 (fig. 2.12). Il valore medio è stato pari a $2,93 \pm 0,34 \text{ mg l}^{-1}$. La saturazione dell'ossigeno disciolto è oscillata nel range 99-102%, in diminuzione verso il fondo (fig. 2.12).

La fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in $\mu\text{g l}^{-1}$ di clorofilla (fig. 2.14), ha presentato concentrazioni costanti lungo la colonna (media di $0,48 \pm 0,07 \mu\text{g l}^{-1}$), con un massimo di 0,72 $\mu\text{g l}^{-1}$ nella stazione BO2 a 19 m di profondità.

A **marzo** (figg. 2.15 e 2.16) la colonna d'acqua si presentava ancora quasi completamente mescolata fino a 70 m di profondità con una temperatura media di $13,59 \pm 0,05^\circ\text{C}$, di poco inferiore a quella di febbraio, e una salinità di $38,69 \pm 0,005 \text{ psu}$. A circa 80 m (circa 70 m per BO5, BO7 e BO8) i valori di temperatura e salinità sono diminuiti fino a 12,89°C e 38,59 psu. In superficie e al fondo è stato rilevato per entrambi i parametri un trend in aumento da E verso W. La torbidità ha seguito l'andamento dei parametri conservativi ed è risultata costante fino a circa 70 m con valori in media di $2,62 \pm 0,16 \text{ mg l}^{-1}$, aumentando verso il fondo dove ha raggiunto il massimo di 3,67 mg l^{-1} nella stazione BO4.

La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto è risultata pressoché costante, intorno al 103%, nei primi 70 m della colonna d'acqua e in diminuzione verso il fondo (minimo 99%).

La fluorescenza *in situ* ha avuto concentrazioni di poco inferiori a quelle di febbraio (media $0,44 \pm 0,04 \mu\text{g l}^{-1}$, range 0,28-0,55 $\mu\text{g l}^{-1}$), e valori inferiori verso il fondo (fig. 2.17).

Ad **aprile** (figg. 2.18 e 2.19) la colonna d'acqua si è presentata nettamente stratificata sia in temperatura che in salinità, con 15,7°C e 38,4 psu nei primi 15 m, e 12,8°C e 38,7 psu verso il fondo. Non sono stati evidenziati particolari trend alla superficie o al fondo, mentre

tra i 20 e i 50 m le stazioni esterne poste a W (BO6 e BO7) hanno mostrato valori di temperatura e salinità più elevati rispetto alle altre.

La torbidità ha mostrato una media di $2,69 \pm 0,47 \text{ mg l}^{-1}$, analoga a quella di marzo, con valori intorno ai $2,5 \text{ mg l}^{-1}$ fino a 60 m in aumento verso il fondo, fino a un massimo di $4,44 \text{ mg l}^{-1}$ in BO6.

La saturazione dell'ossigeno disciolto si è attestata sul 107-108% nello strato superficiale, in diminuzione fino al 97% nella stazione BO5 verso il fondo.

Per la fluorescenza *in situ* sono stati rilevati picchi di concentrazione tra i 35 e i 50 m, con un massimo di $0,90 \mu\text{g l}^{-1}$ nella stazione BO6 a 37 m (fig. 2.20).

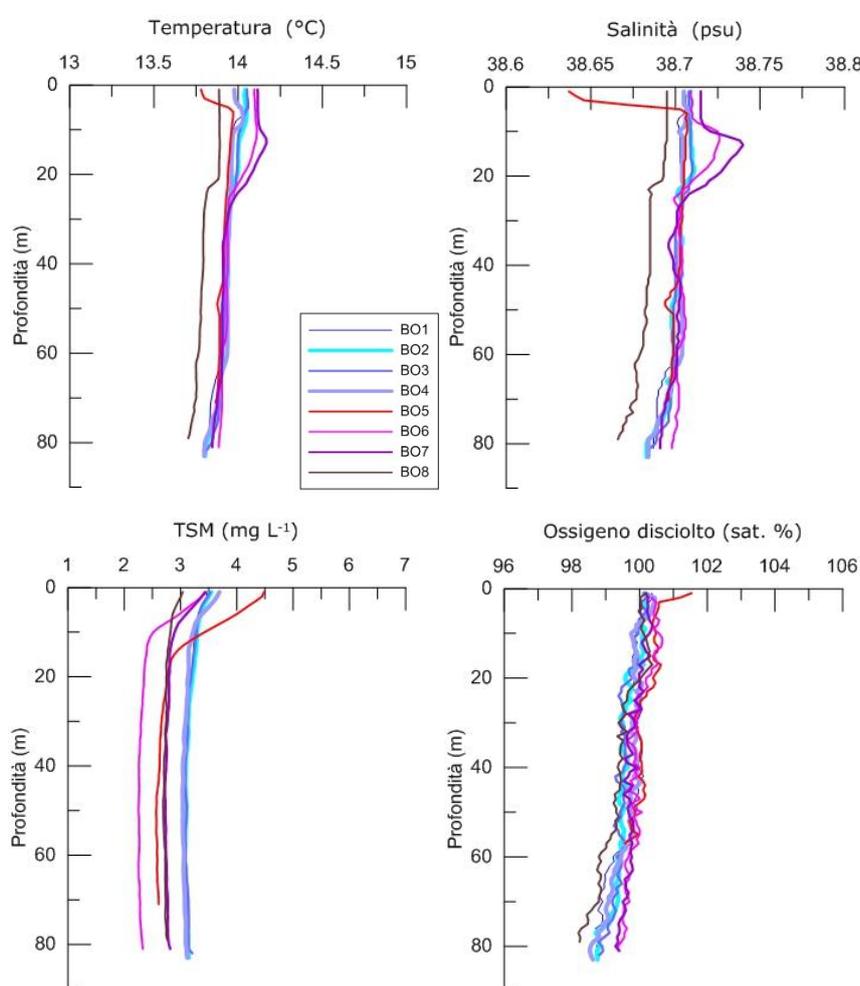


Fig. 2.12 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Febbraio 2016.**

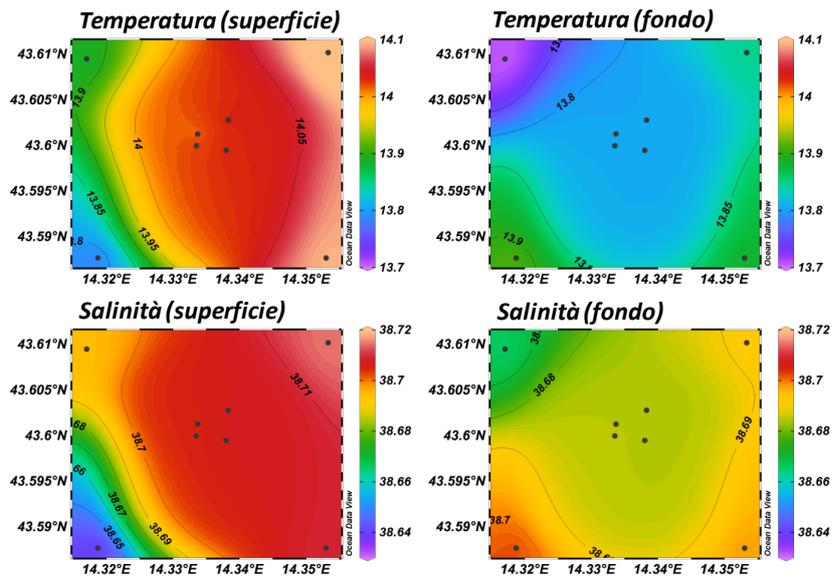


Fig. 2.13 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2016.**

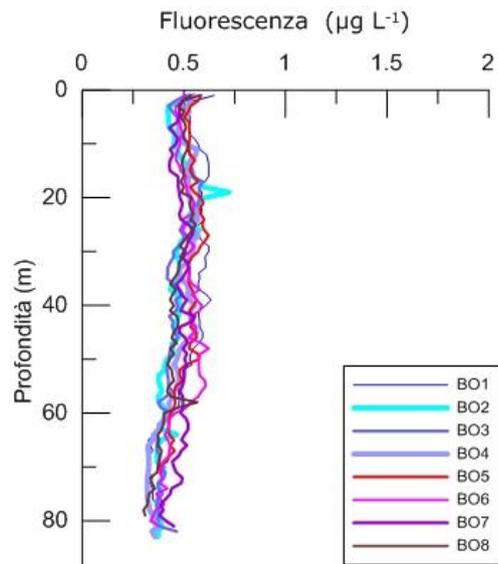


Fig. 2.14 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **febbraio 2016.**

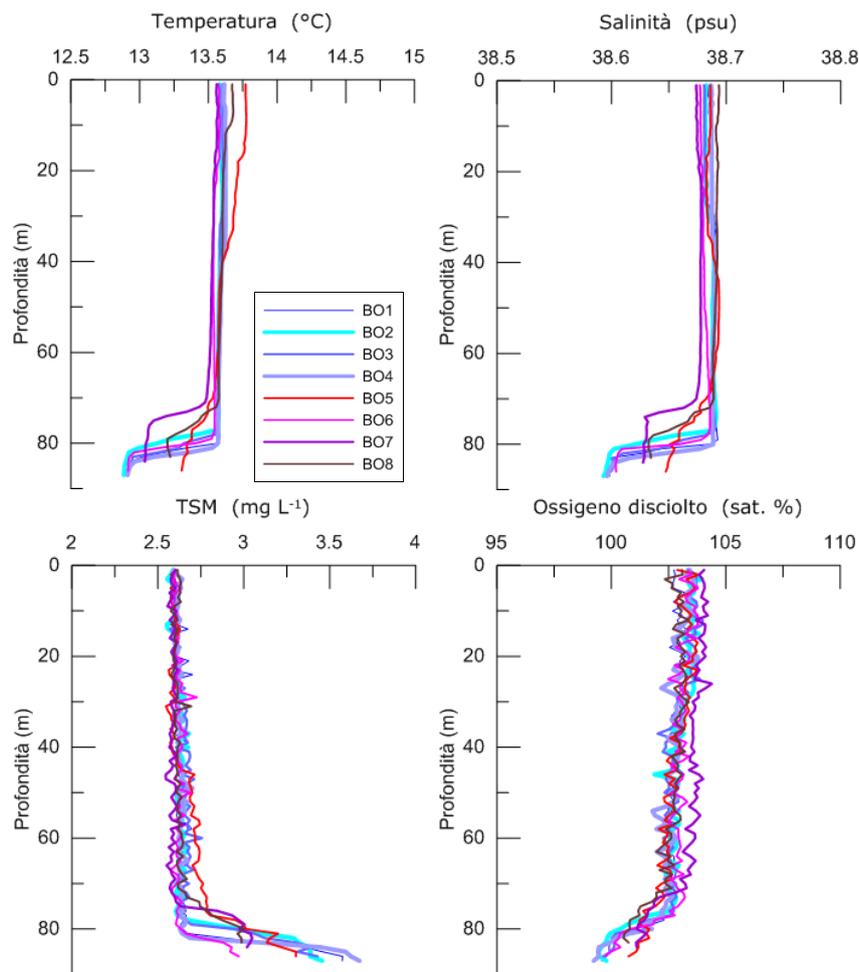


Fig. 2.15 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Marzo 2016**.

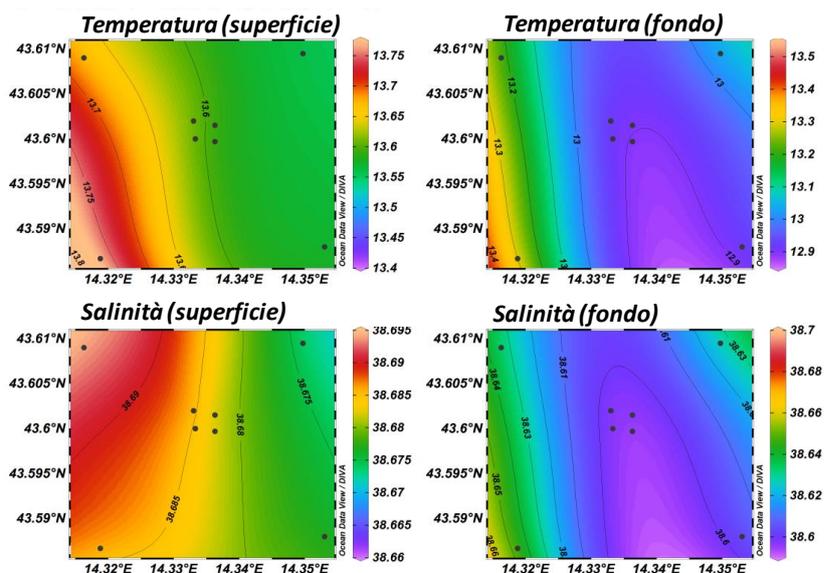


Fig. 2.16 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2016**.

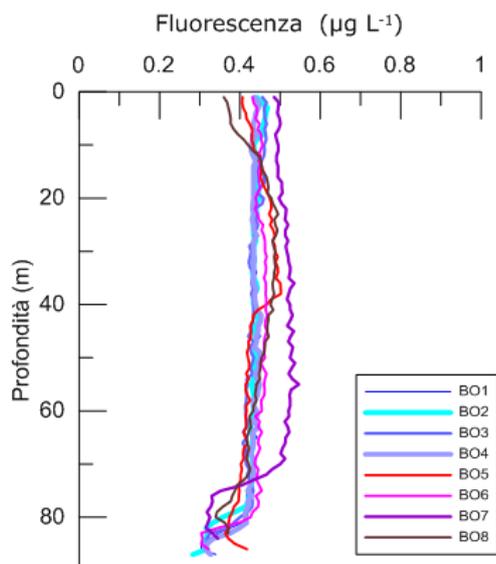


Fig. 2.17 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **marzo 2016**.

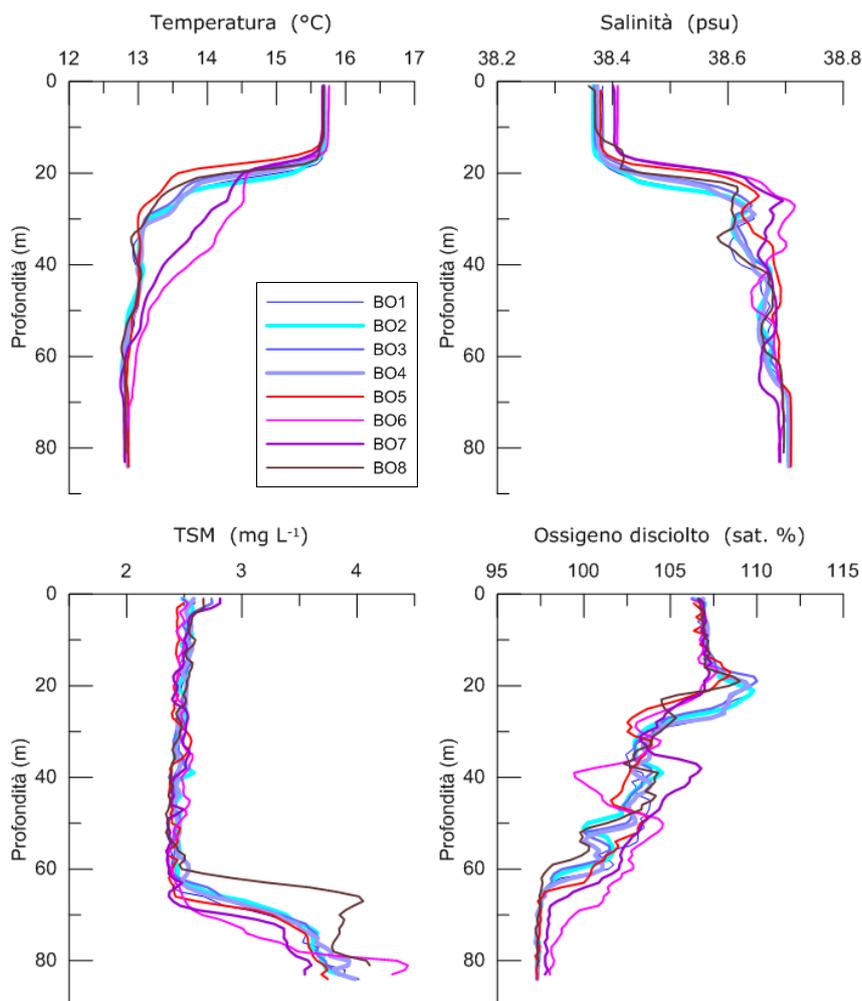


Fig. 2.18 - Profili di temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Aprile 2016**.

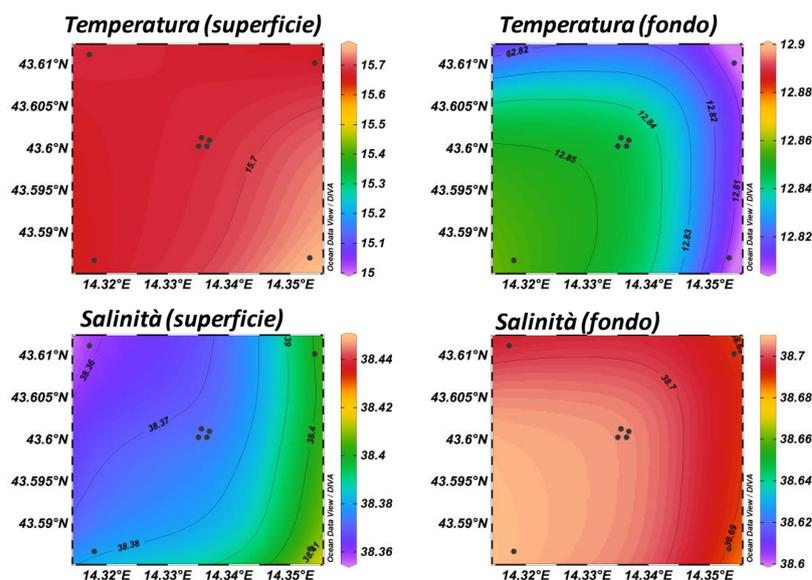


Fig. 2.19 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Aprile 2016.**

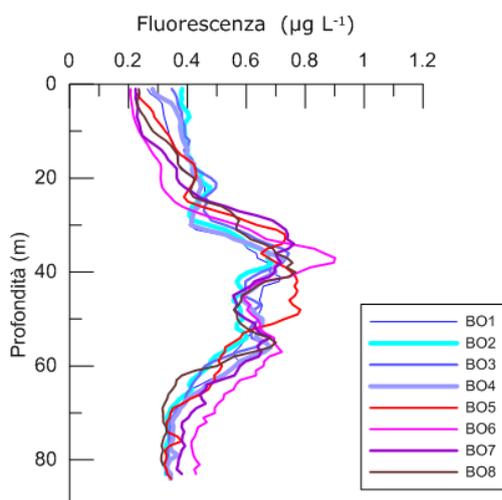


Fig. 2.20 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **aprile 2016.**

2.2.1.2 Sali nutritivi

A **febbraio** (figg. 2.21a, 2.21b, 2.22) le concentrazioni dei nutrienti azotati sono risultate mediamente di $1,51 \pm 0,42 \mu\text{M}$ per NO_3 , di $0,32 \pm 0,09$ per NO_2 e di $0,47 \pm 0,27 \mu\text{M}$ per NH_3 . I valori più elevati per i NO_3 sono stati misurati in generale sul lato SE al fondo, con un massimo di $2,61 \mu\text{M}$ nella stazione BO6, mentre il massimo di NO_2 è stato rilevato a 20 m di profondità nella BO7 ($0,46 \mu\text{M}$). La concentrazione dell' NH_3 è risultata mediamente maggiore nelle stazioni a 2000 m, ma il massimo di $1,02 \mu\text{M}$ è stato rilevato nella BO2 in superficie. I valori maggiori degli ortofosfati ($0,20 \pm 0,09 \mu\text{M}$) sono stati rilevati nelle stazioni in prossimità della piattaforma dove sono risultati doppi rispetto alle stazioni di controllo ($0,27 \pm 0,07 \mu\text{M}$ contro $0,13 \pm 0,06 \mu\text{M}$). Analogamente, gli ortosilicati hanno

avuto una concentrazione media di $2,13 \pm 0,3 \mu\text{M}$ vicino alla piattaforma, con massimi in superficie, e di $1,81 \pm 0,27 \mu\text{M}$ a 2000 m.

A **marzo** (figg. 2.23a, 2.23b, 2.24) gli NO_3 sono diminuiti rispetto a febbraio (media $0,88 \pm 0,35 \mu\text{M}$), con valori più elevati al fondo (massimo di $2,03 \mu\text{M}$ nella BO6). Gli NO_2 (media $0,27 \pm 0,10 \mu\text{M}$) hanno presentato massimi in superficie, come anche NH_3 (media di $0,72 \pm 0,51 \mu\text{M}$), con aumenti nelle stazioni a 2000 m. I PO_4 sono stati in media pari a $0,24 \pm 0,10 \mu\text{M}$ e prevalentemente presenti in superficie nelle stazioni a 2000 m (massimo di $0,483 \mu\text{M}$ nella BO7). Infine, anche i Si(OH)_4 ($1,51 \pm 0,55 \mu\text{M}$) sono apparsi più elevati in superficie, dove è stato registrato un massimo di $3,63 \mu\text{M}$ in corrispondenza della stazione BO8.

Ad **aprile 2016** (figg. 2.25a, 2.25b, 2.26) le concentrazioni medie di NO_3 , NO_2 e NH_3 sono state $0,75 \pm 0,27 \mu\text{M}$, $0,30 \pm 0,23 \mu\text{M}$ e $0,59 \pm 0,41$, rispettivamente (figg. 2.25a, 2.25b, 2.26). NO_3 e NO_2 hanno mostrato valori analoghi a quelli di marzo, con aumenti delle concentrazioni in prossimità del fondo. NH_3 è risultata inferiore rispetto a marzo con valori più elevati verso la superficie. I PO_4 sono apparsi dimezzati rispetto a marzo ($0,11 \pm 0,05 \mu\text{M}$), mentre le concentrazioni di Si(OH)_4 sono risultate dello stesso ordine di grandezza di quelle rilevate a febbraio, con una media di $2,09 \pm 1,82 \mu\text{M}$. Questi ultimi sono risultati più elevati nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma, con valori in media di $2,59 \pm 2,48 \mu\text{M}$ contro $1,58 \pm 0,40 \mu\text{M}$ dei siti a 2000 m, e un massimo di $11,69 \mu\text{M}$ in superficie nella stazione BO2.

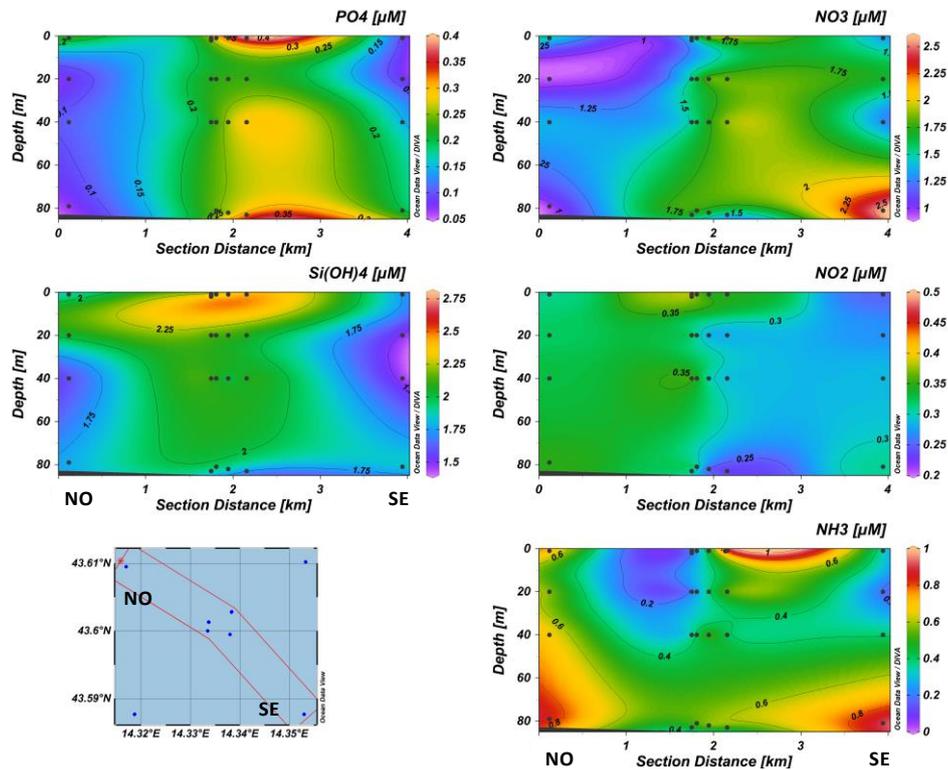


Fig. 2.21a - Sezioni verticali delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Febbraio 2016.

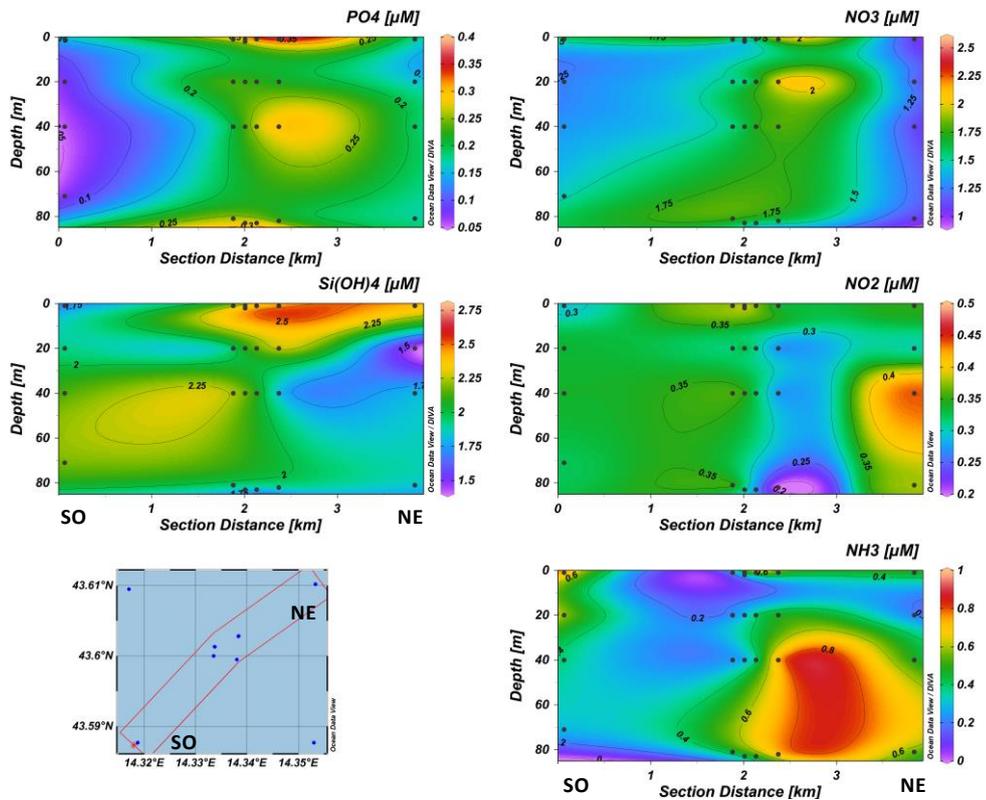


Fig. 2.21b - Sezioni verticali delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Febbraio 2016.

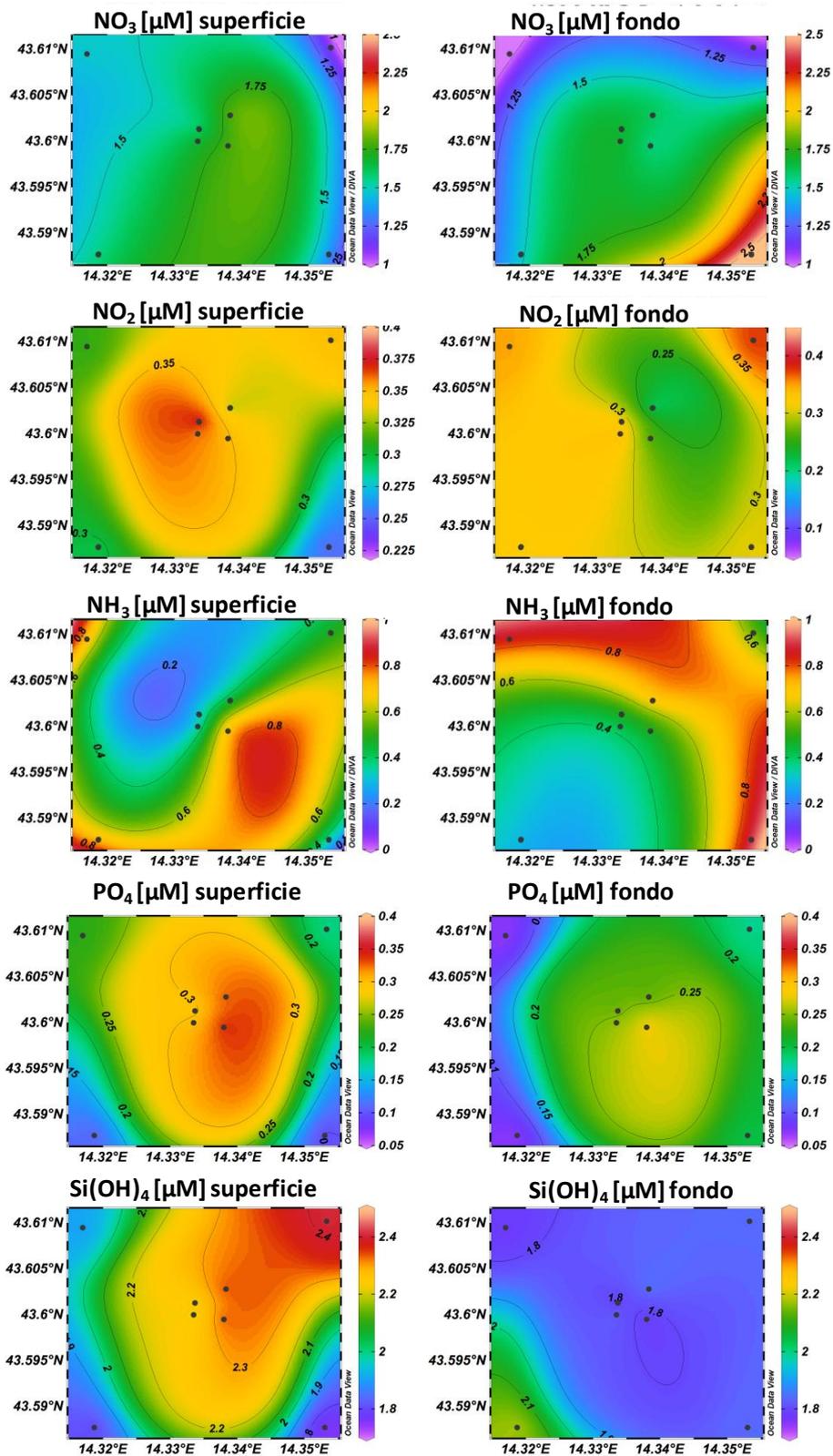


Fig. 2.22 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3), ortofosfati (PO_4) e ortosilicati (Si(OH)_4) espresse in μM , in superficie e al fondo. **Febbraio 2016.**

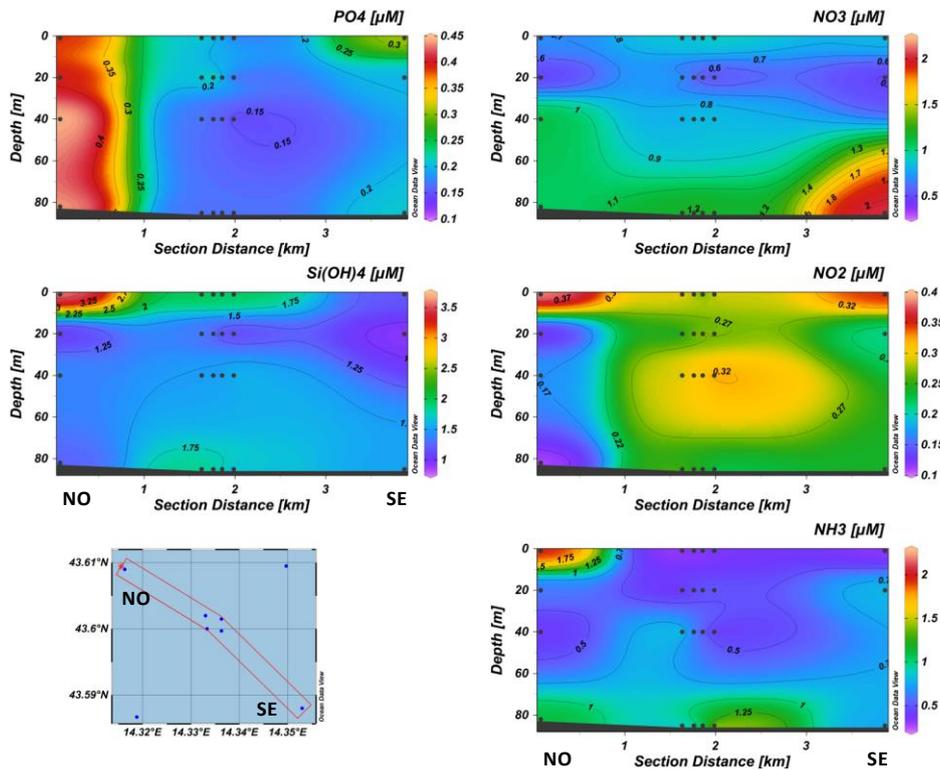


Fig. 2.23a - Sezioni verticali delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Marzo 2016.**

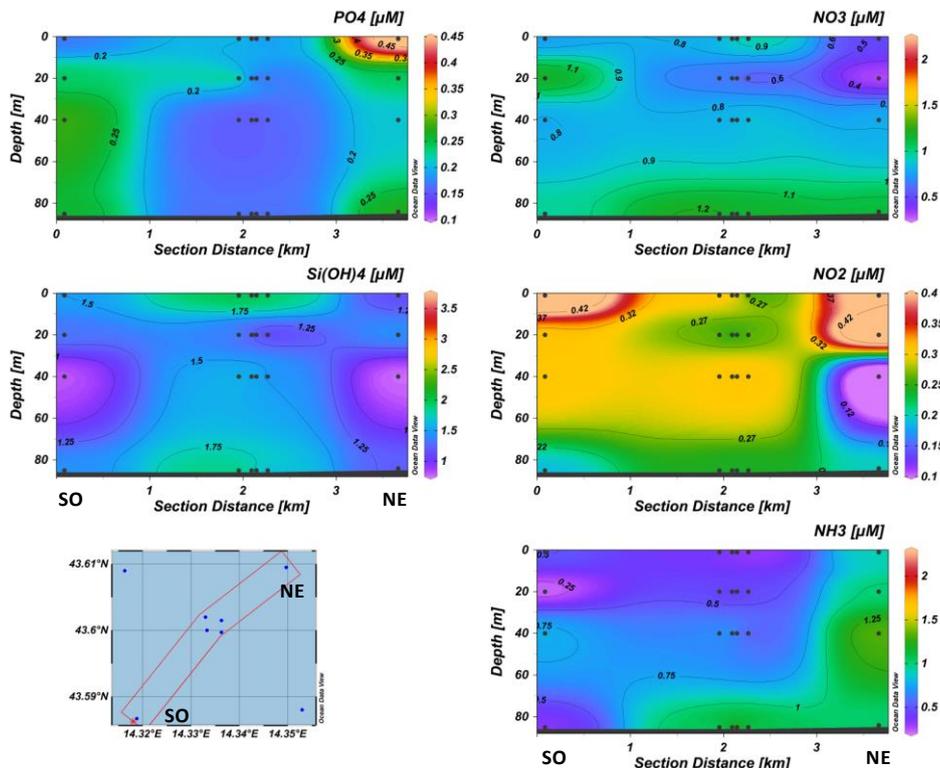


Fig. 2.23b - Sezioni verticali delle stazioni stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Marzo 2016.**

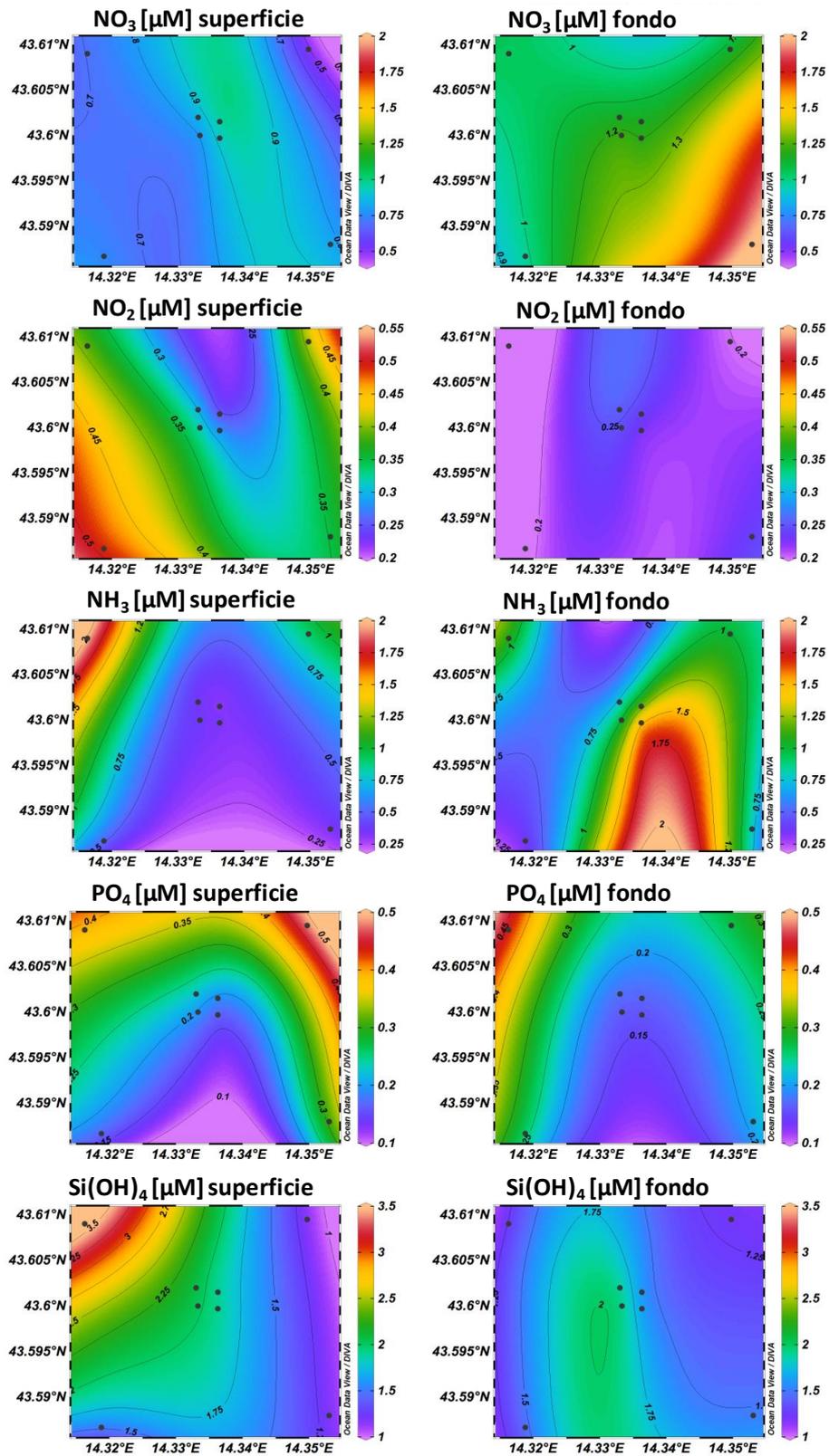


Fig. 2.24 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3), ortofosfati (PO_4) e ortosilicati (Si(OH)_4) espresse in μM , in superficie e al fondo. **Marzo 2016.**

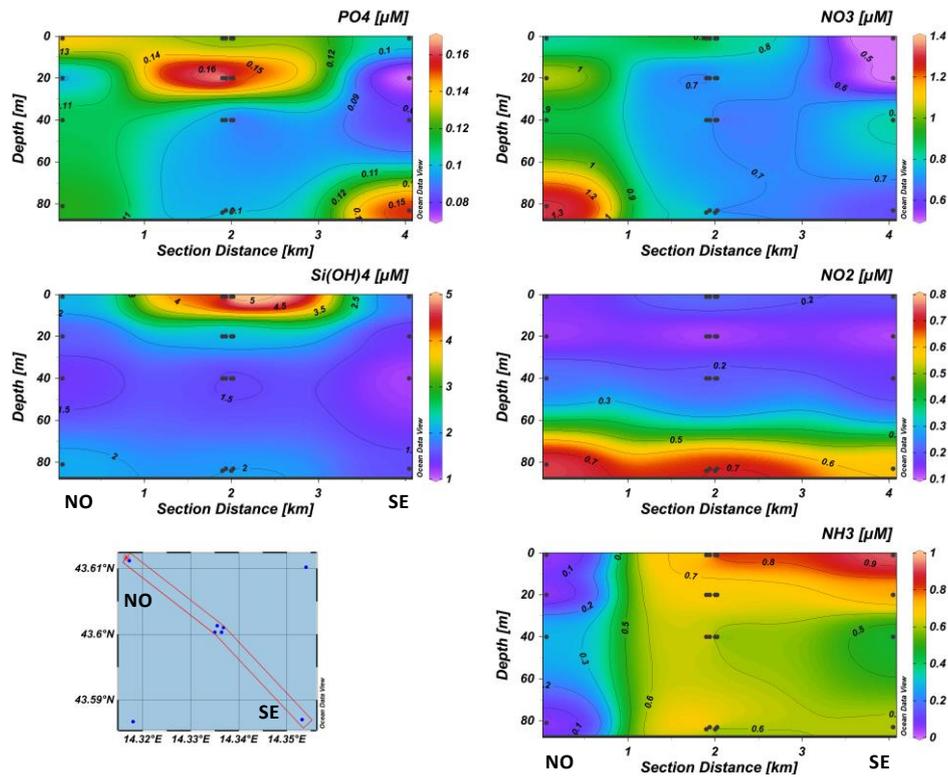


Fig. 2.25a - Sezioni verticali delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Aprile 2016.

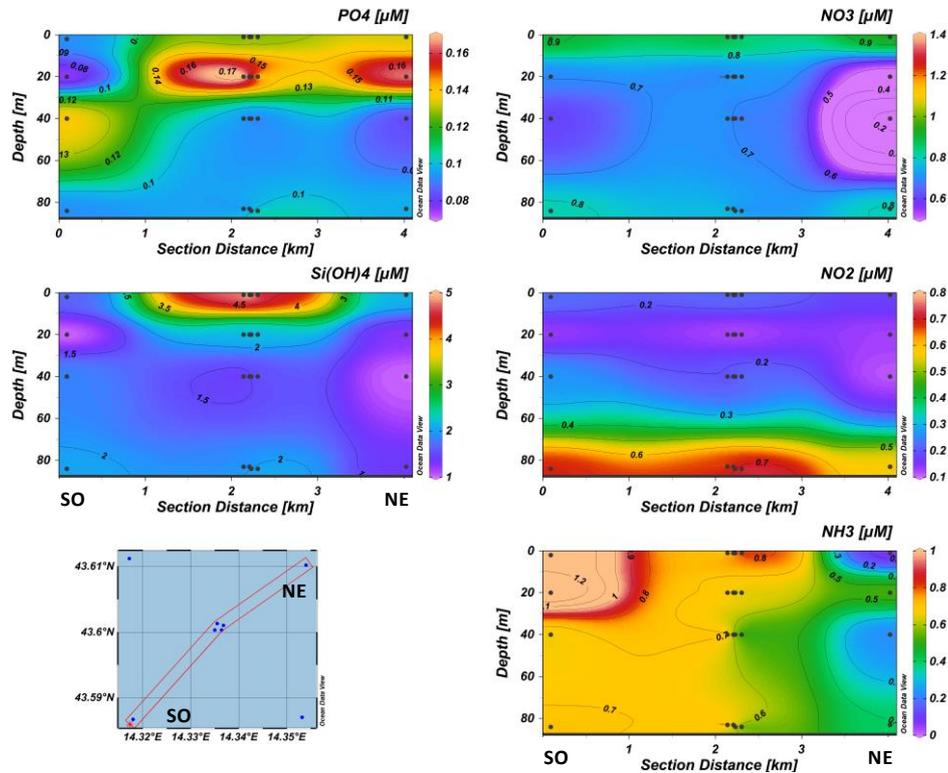


Fig. 2.25b - Sezioni verticali delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Aprile 2016.

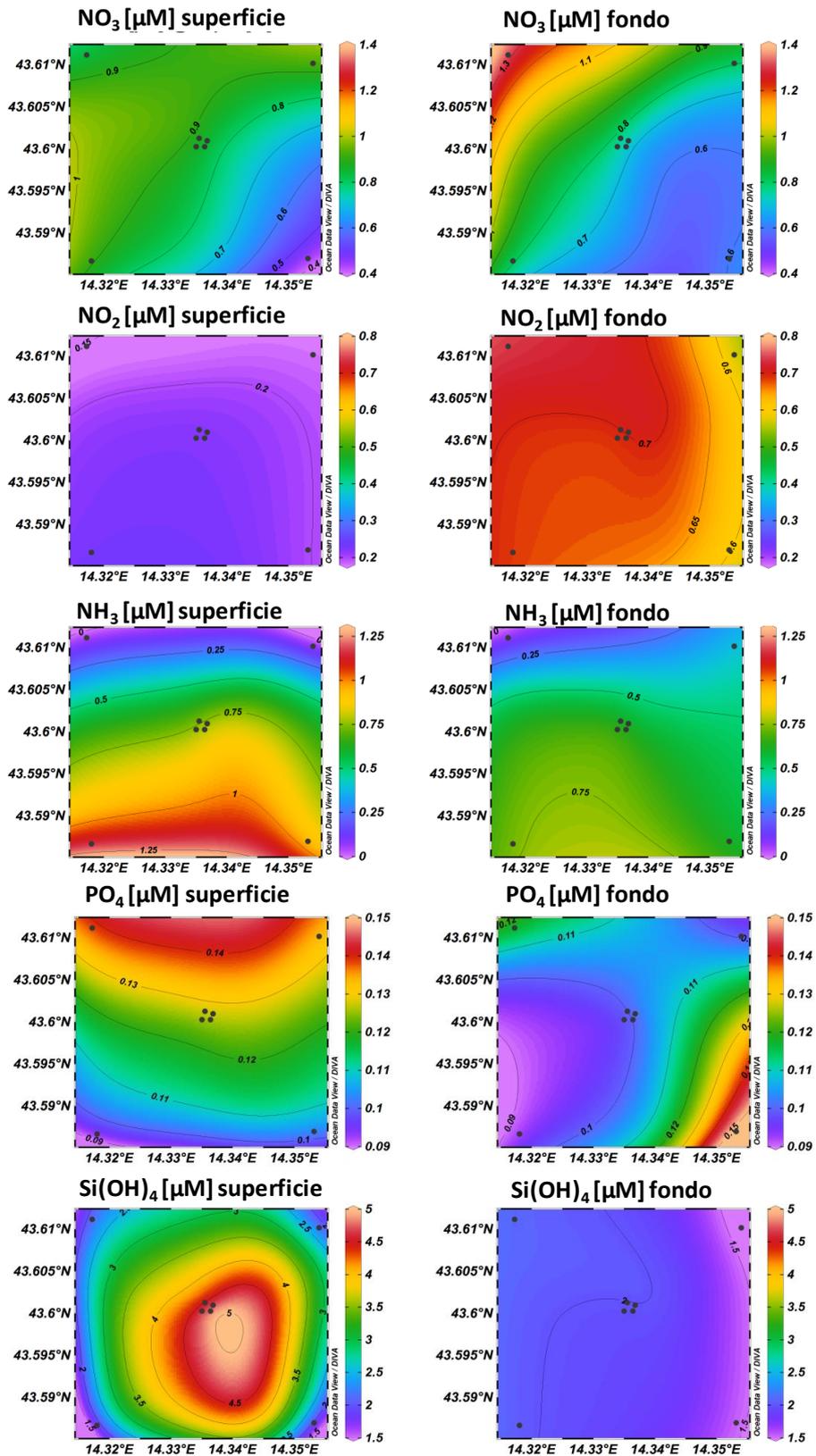


Fig. 2.26 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3), ortofosfati (PO_4) e ortosilicati (Si(OH)_4) espresse in μM , in superficie e al fondo. **Aprile 2016.**

2.2.1.3 Clorofille *a*, *b* e *c* e particolato sospeso

A **febbraio** (figg. 2.27a, 2.27b, 2.28) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente $315,61 \pm 54,05 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $412,04 \text{ ng l}^{-1}$ nella stazione BO1 a 40 m. La clorofilla *b* (Chl *b*) è risultata circa 5 volte la clorofilla *c* (Chl *c*), con concentrazioni medie rispettivamente di $141,04 \pm 34,71 \text{ ng l}^{-1}$ e $29,04 \pm 15,75 \text{ ng l}^{-1}$. Sia Chl *b* che Chl *c* hanno mostrato i picchi di concentrazione a 20 m di profondità, la prima nella stazione BO8, la seconda nella BO4. In generale i valori maggiori di tutti i pigmenti clorofilliani sono stati rilevati negli strati superficiali rispetto al fondo.

Il materiale particolato (TSM) era mediamente presente con $3,08 \pm 0,82 \text{ mg l}^{-1}$. Le concentrazioni maggiori sono state osservate al fondo, ma il massimo, pari a $4,79 \text{ mg l}^{-1}$, è stato registrato in superficie nella stazione BO1.

A **marzo** (figg. 2.29a, 2.29b, 2.30) le concentrazioni di Chl *a* e Chl *c* sono state dello stesso ordine di grandezza di febbraio, mentre Chl *b* si è ridotta a meno della metà. I valori più elevati di tutti i pigmenti clorofilliani sono stati registrati soprattutto tra i 20 e i 40 m di profondità. La Chl *a* ha avuto una media di $330,00 \pm 71,50 \text{ ng l}^{-1}$, con valori compresi tra $195,27 \text{ ng l}^{-1}$ nella stazione BO1 in superficie e un massimo di $490,66 \text{ ng l}^{-1}$ nella BO7 a 40 m. La Chl *b*, con una concentrazione media di $60,29 \pm 14,34 \text{ ng l}^{-1}$, è risultata pari a circa 3 volte la Chl *c* ($20,49 \pm 12,29 \text{ ng l}^{-1}$).

La concentrazione di TSM è stata mediamente di $2,94 \pm 0,86 \text{ mg l}^{-1}$. In generale i valori maggiori sono stati registrati in vicinanza del fondo, con un massimo di $4,83 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione BO3.

Infine, ad **aprile** (figg. 2.31a, 2.31b, 2.32) i picchi di concentrazione di tutti i pigmenti clorofilliani sono stati localizzati prevalentemente a circa 40 m di profondità. La Chl *a* è aumentata rispetto a marzo pur presentando una concentrazione media simile ($355,60 \pm 167,52 \text{ ng l}^{-1}$); infatti, ha raggiunto un massimo di $794,88 \text{ ng l}^{-1}$ (BO5, 40 m). I valori medi di Chl *b* e Chl *c* sono stati rispettivamente pari a $56,37 \pm 24,04 \text{ ng l}^{-1}$ e a $28,74 \pm 22,24 \text{ ng l}^{-1}$, con massimi di $112,60 \text{ ng l}^{-1}$ per la prima (20 m della BO8) e di $88,79 \text{ ng l}^{-1}$ per la seconda (40 m della BO5).

In questo periodo il TSM era mediamente presente con $3,22 \pm 0,69 \text{ mg l}^{-1}$, con valori più elevati al fondo.

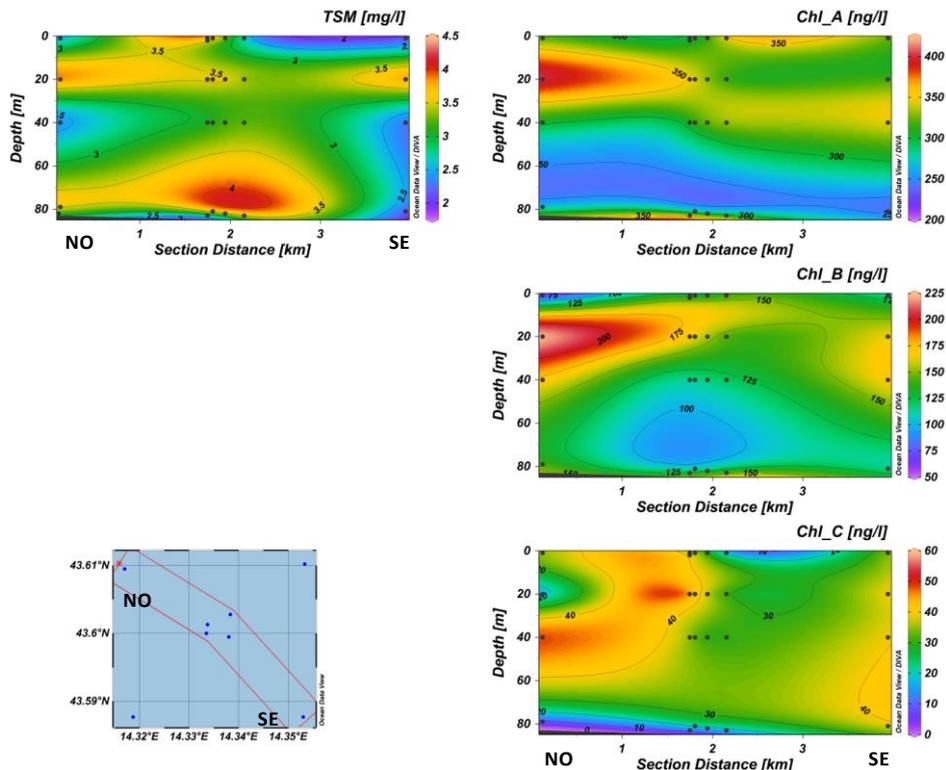


Fig. 2.27a - Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Febbraio 2016.**

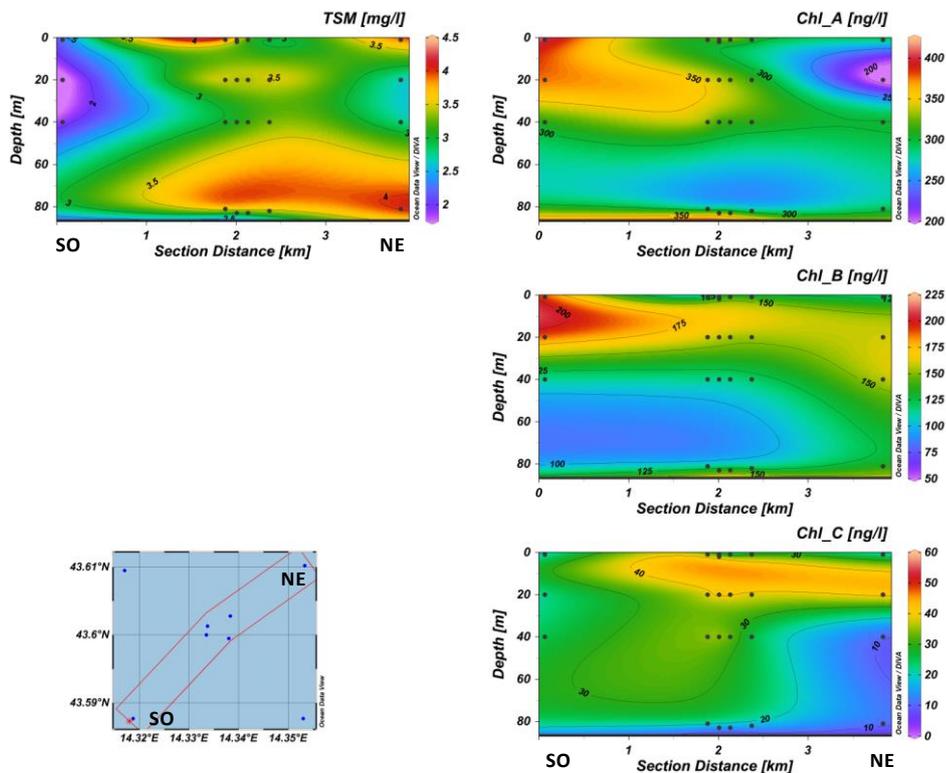


Fig. 2.27b - Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Febbraio 2016.**

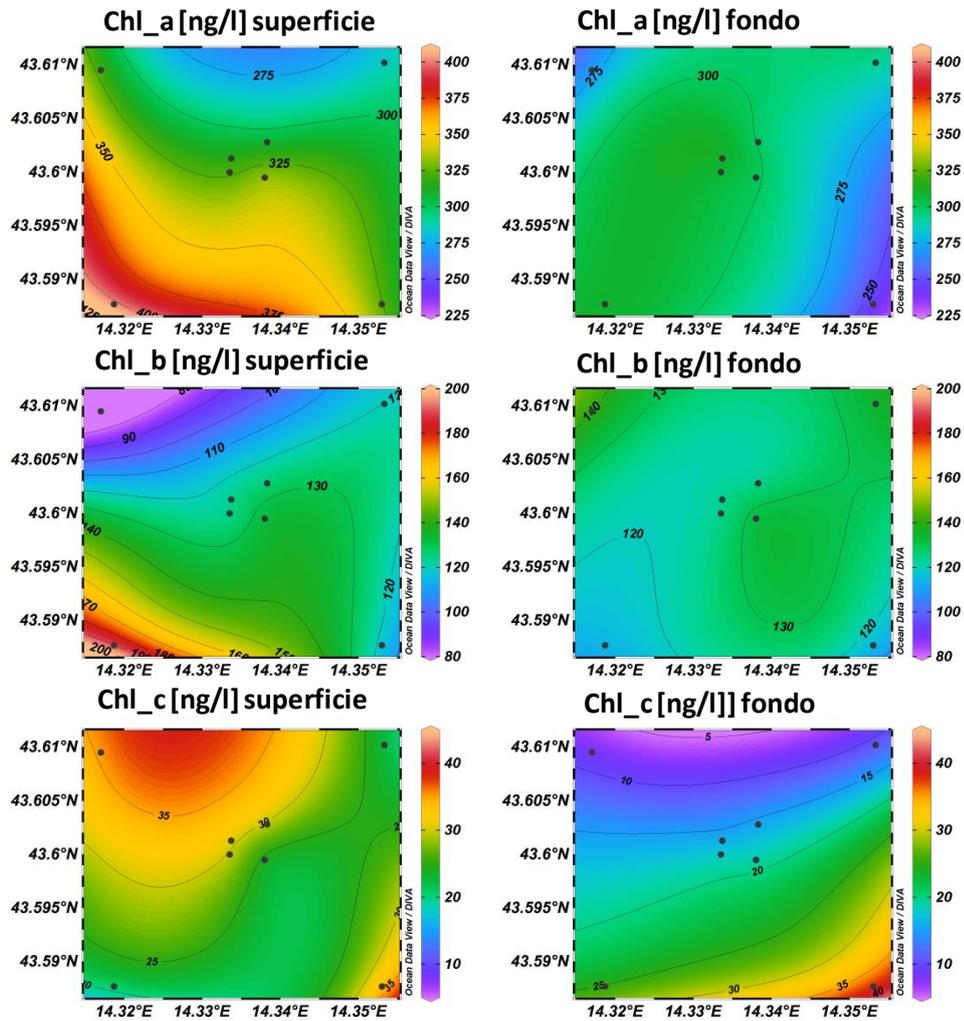


Fig. 2.28 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Febbraio 2016.**

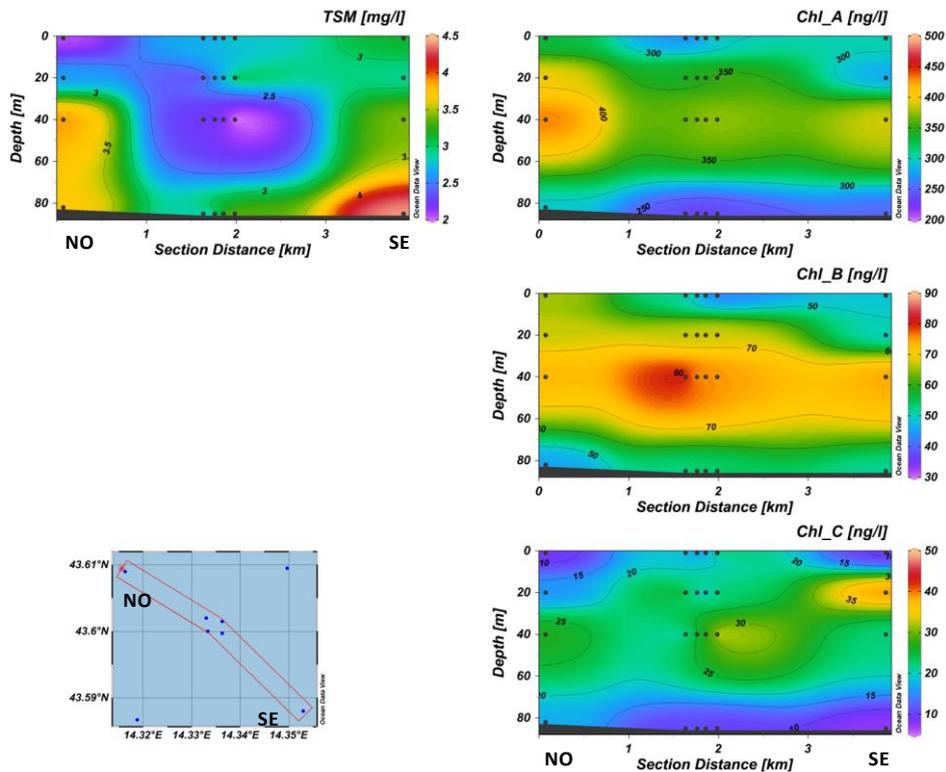


Fig. 2.29a - Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Marzo 2016.**

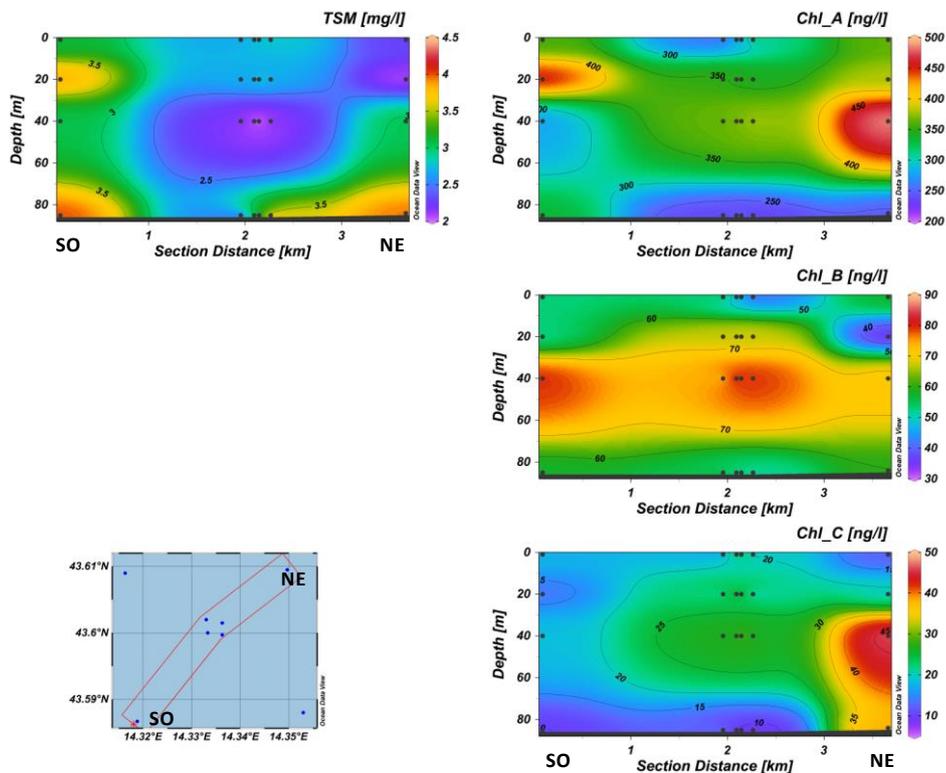


Fig. 2.29b - Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Marzo 2016.**

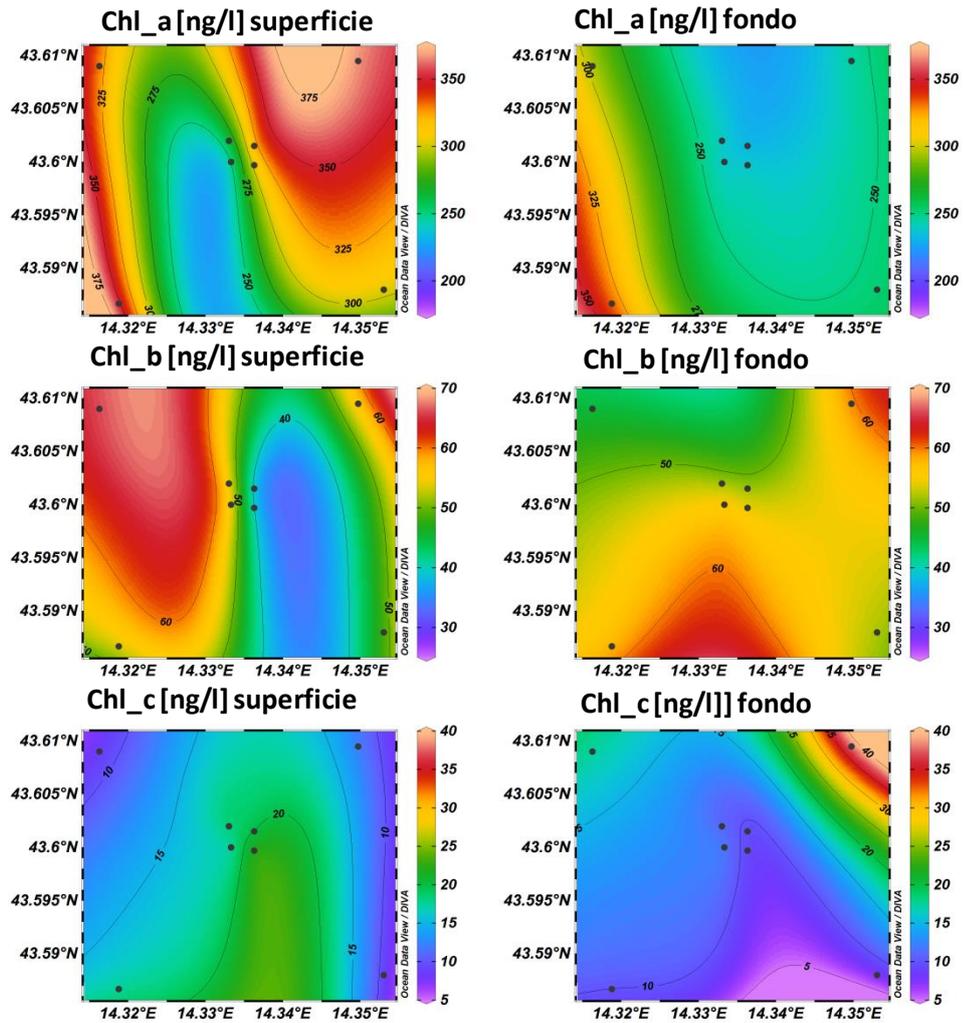


Fig. 2.30 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Marzo 2016.**

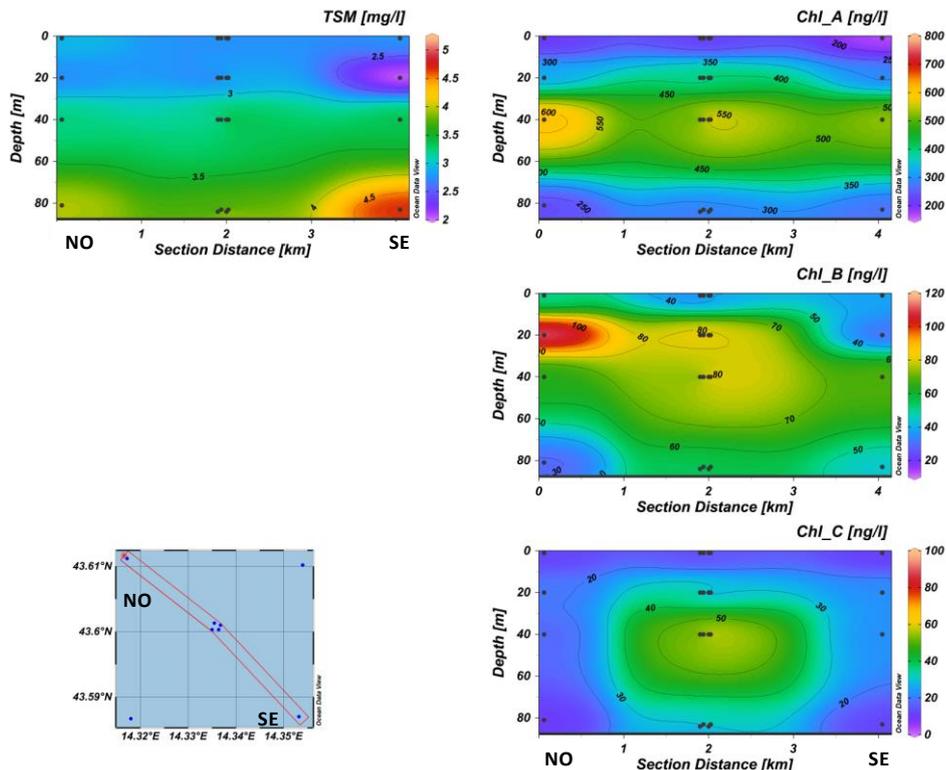


Fig. 2.31a - Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Aprile 2016.**

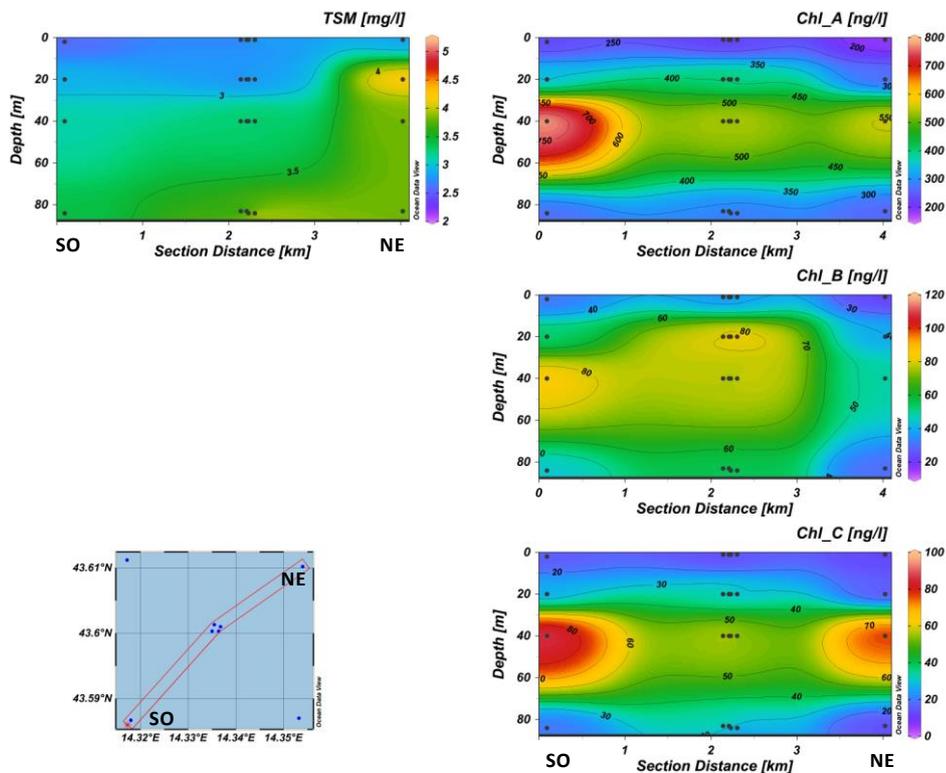


Fig. 2.31b - Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Aprile 2016.**

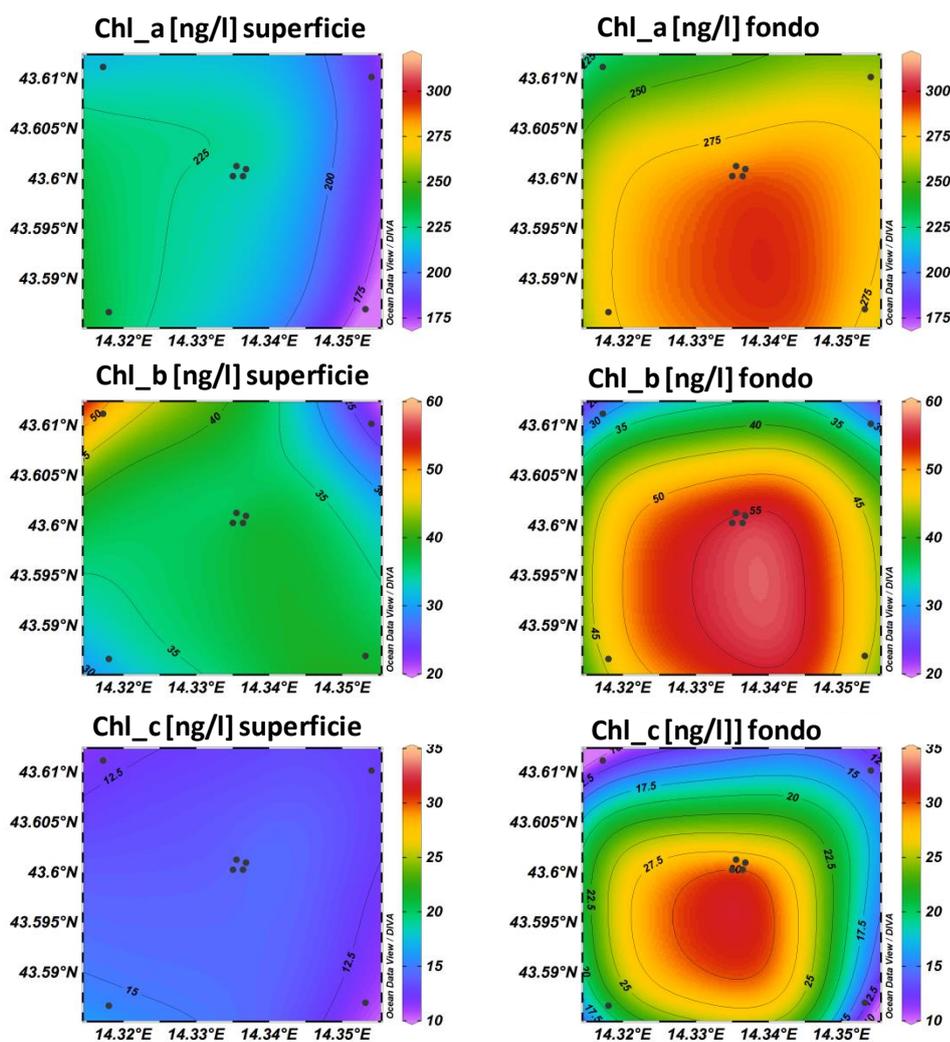


Fig. 2.32 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Aprile 2016.**

2.2.1.4 Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi Policiclici Aromatici, BTEX

Tutti questi composti eccetto gli Idrocarburi alifatici (IA) sono risultati ovunque e sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità strumentale (Tabb. 2-XVI e 2-XVII).

Gli **IA** sono gli unici composti organici ad essere stati rilevati in tutte le crociere. Tuttavia nei survey di febbraio e aprile il numero di campioni sopra il limite di rilevabilità è risultato piuttosto esiguo (inferiore al 30%) e la loro distribuzione spaziale è apparsa casuale. Nella crociera di marzo invece, gli **IA** sono stati misurati in oltre l'80% dei campioni, con una variabilità piuttosto elevata e, in questo caso, con una maggiore presenza nelle stazioni più vicine alla piattaforma. La concentrazione media in questa crociera comunque è risultata relativamente bassa ($4,47 \pm 2,94 \mu\text{g l}^{-1}$), con il massimo assoluto pari a $10,20 \mu\text{g l}^{-1}$ misurato al fondo della stazione BO7.

Tab. 2-XVI - Concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) di Idrocarburi totali, IA e IPA registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti a febbraio, marzo e aprile 2016.

Stazione	Febbraio 2016			Marzo 2016			Aprile 2016		
	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)
BO1 sup	< 30	1,11	<0,01	<30	5,28	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO1 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	4,06	<0,01	< 30	1,40	<0,01
BO1 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	6,25	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO1 fondo	< 30	1,03	<0,01	<30	1,48	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO2 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	4,24	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO2 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	8,85	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO2 40 m	< 30	1,28	<0,01	<30	9,19	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO2 fondo	< 30	1,13	<0,01	<30	6,58	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO3 sup	< 30	1,23	<0,01	<30	7,25	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO3 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	6,41	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO3 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	6,28	<0,01	< 30	2,55	<0,01
BO3 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO4 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	3,18	<0,01	< 30	0,41	<0,01
BO4 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	3,59	<0,01	< 30	1,53	<0,01
BO4 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	7,32	<0,01	< 30	1,18	<0,01
BO4 fondo	< 30	1,34	<0,01	<30	8,52	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO5 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,73	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO5 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	3,19	<0,01	< 30	3,04	<0,01
BO5 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	3,06	<0,01
BO5 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,05	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO6 sup	< 30	1,16	<0,01	<30	1,28	<0,01	< 30	1,32	<0,01
BO6 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	1,43	<0,01
BO6 40 m	< 30	1,47	<0,01	<30	3,12	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO6 fondo	< 30	1,49	<0,01	<30	0,63	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO7 sup	< 30	1,35	<0,01	<30	0,84	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO7 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,25	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO7 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO7 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	10,20	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO8 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO8 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO8 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	2,99	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO8 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,45	<0,01	< 30	< 1	<0,01

2.2.1.5 Glicole etilenico

Il Glicole etilenico è sempre risultato non rilevabile in tutti i tre survey (Tab. 2-XVIII).

Tab. 2-XVIII - Concentrazioni (mg/l) di Glicole etilenico registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti a febbraio, marzo e aprile 2016.

Stazione	Febbraio 2016	Marzo 2016	Aprile 2016
BO1 sup	< 10	< 10	< 10
BO1 20 m	< 10	< 10	< 10
BO1 40 m	< 10	< 10	< 10
BO1 fondo	< 10	< 10	< 10
BO2 sup	< 10	< 10	< 10
BO2 20 m	< 10	< 10	< 10
BO2 40 m	< 10	< 10	< 10
BO2 fondo	< 10	< 10	< 10
BO3 sup	< 10	< 10	< 10
BO3 20 m	< 10	< 10	< 10
BO3 40 m	< 10	< 10	< 10
BO3 fondo	< 10	< 10	< 10
BO4 sup	< 10	< 10	< 10
BO4 20 m	< 10	< 10	< 10
BO4 40 m	< 10	< 10	< 10
BO4 fondo	< 10	< 10	< 10
BO5 sup	< 10	< 10	< 10
BO5 20 m	< 10	< 10	< 10
BO5 40 m	< 10	< 10	< 10
BO5 fondo	< 10	< 10	< 10
BO6 sup	< 10	< 10	< 10
BO6 20 m	< 10	< 10	< 10
BO6 40 m	< 10	< 10	< 10
BO6 fondo	< 10	< 10	< 10
BO7 sup	< 10	< 10	< 10
BO7 20 m	< 10	< 10	< 10
BO7 40 m	< 10	< 10	< 10
BO7 fondo	< 10	< 10	< 10
BO8 sup	< 10	< 10	< 10
BO8 20 m	< 10	< 10	< 10
BO8 40 m	< 10	< 10	< 10
BO8 fondo	< 10	< 10	< 10

2.2.1.6 Metalli pesanti

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nelle campagne oggetto di questa relazione sono riportate in Tab. 2-XIX.

A **febbraio cadmio, mercurio** (con l'eccezione di un solo campione) e **indio** sono risultati sempre al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità. Anche **ferro, zinco e piombo** sono apparsi molto spesso non rilevabili, essendo presenti solo in circa il 20% dei campioni. I valori erano piuttosto variabili, seppur vicini ai limiti di rilevabilità, e con una distribuzione casuale. Il **rame** è risultato rilevabile in circa il 53% dei campioni, mostrando

anch'esso una variabilità piuttosto elevata senza alcun particolare trend né spaziale, né correlato alla profondità. **Alluminio, cromo e nichel**, invece, sono risultati sempre misurabili (Ni eccetto in un campione), presentando una variabilità simile a quella degli elementi sopra menzionati. I rispettivi massimi sono stati raggiunti al fondo della stazione BO2 (11,48 $\mu\text{g l}^{-1}$), in superficie della stazione BO8 (0,60 $\mu\text{g l}^{-1}$) e alla quota 40 m della BO7 (1,87 $\mu\text{g l}^{-1}$).

Arsenico, bario, vanadio e silicio sono risultati anch'essi sempre al di sopra dei rispettivi limiti di rilevabilità ma sono apparsi poco variabili (CV medio inferiore al 10%) presentando una distribuzione molto omogenea. I valori massimi sono stati raggiunti rispettivamente ai 40 m della stazione BO3 (2,03 $\mu\text{g l}^{-1}$), al fondo della BO1 (8,65 $\mu\text{g l}^{-1}$), in superficie della BO7 (1,35 $\mu\text{g l}^{-1}$) e alla quote 20 m e 40 m della BO3 (0,19 mg l^{-1}). Anche nel caso di questi ultimi elementi, non è stato rilevato alcun trend particolare sia nella distribuzione orizzontale che verticale.

A **marzo cadmio, mercurio** (eccetto un campione), **rame e indio** sono risultati sempre inferiori al limite di rilevabilità e **ferro, zinco e piombo** sono apparsi rilevabili in un numero esiguo di stazioni (inferiore al 20%) come già a febbraio, con una distribuzione spaziale apparentemente casuale eccezion fatta per lo zinco, maggiormente presente nelle stazioni vicine alla piattaforma (massimo pari a 25,4 $\mu\text{g l}^{-1}$, in BO2 a 20 m).

Arsenico, bario e silicio hanno mostrato la consueta scarsa variabilità e i rispettivi valori medi (1,44 \pm 0,18 $\mu\text{g l}^{-1}$; 7,45 \pm 0,20 $\mu\text{g l}^{-1}$; 0,14 \pm 0,01 mg l^{-1}) sono risultati molto simili a quelli di febbraio. Anche i valori massimi non si discostano molto da quelli misurati nella crociera precedente e sono stati raggiunti rispettivamente alla quota 20 m della stazione BO8 (1,81 $\mu\text{g l}^{-1}$), al fondo della BO1 (7,89 $\mu\text{g l}^{-1}$) e in superficie della BO7 (0,16 mg l^{-1}). Il **vanadio** ha evidenziato, invece, a fronte di una assai scarsa variabilità (CV inferiore al 5%) un netto aumento della concentrazione media (1,60 \pm 0,08 $\mu\text{g l}^{-1}$) rispetto a febbraio (1,16 \pm 0,07 $\mu\text{g l}^{-1}$). Il valore massimo assoluto, pari a 1,72 $\mu\text{g l}^{-1}$, è stato raggiunto, come per il silicio, in superficie della stazione BO7. **Cromo e nichel** sono risultati sempre rilevabili, mostrando altresì una variabilità piuttosto elevata (CV pari a circa il 50%). I valori medi sono risultati tuttavia piuttosto bassi (0,22 \pm 0,12 $\mu\text{g l}^{-1}$ e 0,44 \pm 0,21 $\mu\text{g l}^{-1}$ rispettivamente), con massimi di 0,66 $\mu\text{g l}^{-1}$ (20 m, BO3) e 1,23 $\mu\text{g l}^{-1}$ (fondo, BO4). Infine l'**alluminio**, sempre presente, ha evidenziato un netto aumento della concentrazione rispetto al survey precedente raggiungendo un valore medio di 11,34 \pm 2,85 $\mu\text{g l}^{-1}$ (febbraio: 5,35 \pm 2,16 $\mu\text{g l}^{-1}$). Per questo metallo non è stato evidenziato alcun trend particolare, né spaziale né con la profondità. Il massimo, pari a 22,7 $\mu\text{g l}^{-1}$ è stato raggiunto alla quota 20

m della stazione BO3.

Ad **aprile cadmio, mercurio, rame ed indio** hanno continuato a risultare non rilevabili, salve rarissime eccezioni. Anche **ferro e piombo** sono risultati quasi assenti, essendo stati rilevati solo nel 10% dei campioni. Il **nichel** ha evidenziato un netto calo rispetto ai survey precedenti, essendo stato osservato in meno del 40% dei campioni. Il valore massimo ($1,29 \mu\text{g l}^{-1}$) è stato raggiunto al fondo della stazione BO8. Il **cromo** si conferma invece sempre presente, con variabilità e valore medio molto simili ai survey precedenti ($0,20 \pm 0,07 \mu\text{g l}^{-1}$). Il massimo di è $0,37 \mu\text{g l}^{-1}$ è stato raggiunto alla quota dei 40 m della BO5. **Arsenico, bario e silicio** sono risultati, sia per valori medi sia per variabilità spaziale, praticamente inalterati rispetto a marzo, ma il silicio ha evidenziato un andamento legato alla profondità, con i valori maggiori misurati quasi sempre alle quote di fondo. Le concentrazioni massime di As, Ba e Si sono state misurate rispettivamente al fondo della stazione BO8 ($2,08 \mu\text{g l}^{-1}$), in superficie della BO1 ($8,90 \mu\text{g l}^{-1}$) e a 40 m della BO8 ($0,21 \text{ mg l}^{-1}$). Il **vanadio** ha mostrato la consueta scarsa variabilità (CV medio pari a circa il 4%) e una leggera diminuzione della concentrazione sia rispetto a marzo, portandosi in una situazione intermedia tra le due crociere precedenti. Il massimo assoluto, pari a $1,65 \mu\text{g l}^{-1}$, è stato misurato in superficie della stazione BO4.

Alluminio e zinco infine si sono confermati tra gli elementi più variabili (CV medio pari a 85%) ma, mentre la concentrazione media di Zn è rimasta praticamente inalterata rispetto a quella misurata nella crociera precedente (marzo: $7,02 \pm 6,60$; aprile: $9,30 \pm 6,81 \mu\text{g l}^{-1}$), l' **alluminio** ha evidenziato una netta diminuzione ($4,25 \pm 4,17 \mu\text{g l}^{-1}$) riportandosi di fatto alla situazione di febbraio. Il massimo per questo metallo è stato raggiunto alla quota 20 m della stazione BO4 ($17,3 \mu\text{g l}^{-1}$), quello dello zinco alla quota 40 m della BO2 ($24,8 \mu\text{g l}^{-1}$).

Tab. 2-XIX – Metalli pesanti ($\mu\text{g/l}$; Si in mg/l) determinati a febbraio, marzo e aprile 2016.

Stazione	Febbraio 2016													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	3,37	1,58	7,63	<0,1	0,34	<5	<0,1	0,36	<0,1	0,12	1,01	<0,1	<0,1	0,15
BO1 20 m	6,77	1,55	7,76	<0,1	0,39	7,01	<0,1	0,54	<0,1	0,11	1,16	<0,1	<0,1	0,17
BO1 40 m	10,84	1,95	7,83	<0,1	0,37	6,23	<0,1	1,29	0,22	0,72	1,11	<0,1	<0,1	0,15
BO1 fondo	2,09	1,81	8,65	<0,1	0,54	12,32	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,12	28,09	<0,1	0,17
BO2 sup	4,34	1,84	7,60	<0,1	0,35	<5	<0,1	0,51	<0,1	0,12	1,08	<0,1	<0,1	0,15
BO2 20 m	5,19	1,79	7,63	<0,1	0,32	<5	<0,1	0,52	<0,1	<0,1	1,07	<0,1	<0,1	0,17
BO2 40 m	4,99	1,66	7,64	<0,1	0,35	<5	<0,1	0,40	<0,1	<0,1	1,10	1,90	<0,1	0,15
BO2 fondo	11,48	1,69	8,06	<0,1	0,49	9,31	<0,1	0,57	0,13	<0,1	1,12	10,08	<0,1	0,19
BO3 sup	6,55	1,74	7,52	<0,1	0,37	<5	<0,1	0,55	<0,1	0,22	1,04	4,87	<0,1	0,16
BO3 20 m	4,21	1,96	7,61	<0,1	0,29	<5	<0,1	0,46	<0,1	<0,1	1,11	<0,1	<0,1	0,19
BO3 40 m	3,65	2,03	7,71	<0,1	0,32	<5	<0,1	0,69	<0,1	<0,1	1,22	<0,1	<0,1	0,19
BO3 fondo	4,91	1,72	7,67	<0,1	0,38	<5	<0,1	0,51	<0,1	<0,1	1,13	<0,1	<0,1	0,16
BO4 sup	5,15	1,75	7,50	<0,1	0,45	5,49	0,12	0,47	<0,1	<0,1	1,13	<0,1	<0,1	0,14
BO4 20 m	3,00	1,76	7,62	<0,1	0,26	<5	<0,1	0,77	<0,1	<0,1	1,18	<0,1	<0,1	0,16
BO4 40 m	4,72	1,65	7,57	<0,1	0,29	<5	<0,1	0,61	<0,1	0,17	1,14	<0,1	<0,1	0,17
BO4 fondo	8,27	1,53	7,91	<0,1	0,44	8,76	<0,1	1,53	0,25	<0,1	1,14	6,97	<0,1	0,17
BO5 sup	4,16	1,67	8,01	<0,1	0,26	<5	<0,1	0,41	0,17	0,20	1,20	17,17	<0,1	0,16
BO5 20 m	3,10	1,71	7,68	<0,1	0,26	<5	<0,1	0,46	<0,1	0,59	1,19	<0,1	<0,1	0,15
BO5 40 m	3,49	1,84	7,60	<0,1	0,27	<5	<0,1	0,33	<0,1	<0,1	1,17	<0,1	<0,1	0,18
BO5 fondo	2,96	1,90	7,55	<0,1	0,25	<5	<0,1	0,33	<0,1	<0,1	1,23	<0,1	<0,1	0,16
BO6 sup	5,05	1,87	7,63	<0,1	0,27	<5	<0,1	0,38	0,26	0,18	1,19	4,76	<0,1	0,16
BO6 20 m	4,03	1,75	7,39	<0,1	0,27	<5	<0,1	0,32	<0,1	<0,1	1,22	<0,1	<0,1	0,15
BO6 40 m	4,92	1,81	8,07	<0,1	0,29	<5	<0,1	0,31	0,12	<0,1	1,27	<0,1	<0,1	0,16
BO6 fondo	4,71	1,98	7,59	<0,1	0,24	<5	<0,1	0,47	<0,1	<0,1	1,21	<0,1	<0,1	0,17
BO7 sup	4,92	1,80	7,66	<0,1	0,29	<5	<0,1	0,40	<0,1	0,26	1,35	0,40	<0,1	0,16
BO7 20 m	4,62	1,68	7,46	<0,1	0,37	<5	<0,1	0,44	<0,1	0,15	1,13	<0,1	<0,1	0,16
BO7 40 m	7,39	1,64	8,07	<0,1	0,26	<5	<0,1	1,87	0,13	<0,1	1,09	8,82	<0,1	0,17
BO7 fondo	3,70	1,82	7,58	<0,1	0,34	<5	<0,1	0,54	<0,1	0,24	1,15	<0,1	<0,1	0,17
BO8 sup	7,04	1,59	8,47	<0,1	0,60	17,58	<0,1	0,53	0,53	<0,1	1,18	6,55	<0,1	0,15
BO8 20 m	7,46	1,86	7,64	<0,1	0,30	<5	<0,1	0,59	<0,1	0,40	1,15	<0,1	<0,1	0,17
BO8 40 m	6,74	1,83	7,69	<0,1	0,35	<5	<0,1	0,68	<0,1	0,42	1,27	<0,1	<0,1	0,19
BO8 fondo	7,28	1,71	7,70	<0,1	0,32	<5	<0,1	0,49	<0,1	0,37	1,20	<0,1	<0,1	0,17

Tab. 2-XIX – Continuo.

Marzo 2016														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	12,36	1,37	7,40	<0,1	0,32	<5	0,11	1,02	0,36	<0,1	1,46	9,04	<0,1	0,13
BO1 20 m	9,45	1,31	7,39	<0,1	0,21	<5	<0,1	0,38	<0,1	<0,1	1,62	3,55	<0,1	0,12
BO1 40 m	11,76	1,34	7,84	<0,1	0,16	<5	<0,1	0,38	<0,1	<0,1	1,67	3,57	<0,1	0,14
BO1 fondo	10,10	1,58	7,89	<0,1	0,24	<5	<0,1	0,40	<0,1	<0,1	1,59	5,97	<0,1	0,15
BO2 sup	11,36	1,31	7,35	<0,1	0,23	<5	<0,1	0,40	0,12	<0,1	1,57	17,31	<0,1	0,13
BO2 20 m	12,83	1,28	7,61	<0,1	0,30	<5	<0,1	0,51	0,15	<0,1	1,64	25,44	<0,1	0,15
BO2 40 m	9,32	1,62	7,44	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,41	<0,1	<0,1	1,64	<0,1	<0,1	0,13
BO2 fondo	11,17	1,76	7,66	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	1,45	7,18	<0,1	0,15
BO3 sup	9,79	1,31	7,26	<0,1	0,22	<5	<0,1	0,26	<0,1	<0,1	1,54	<0,1	<0,1	0,13
BO3 20 m	22,74	1,35	7,57	<0,1	0,66	8,47	<0,1	0,53	0,14	<0,1	1,43	2,98	<0,1	0,13
BO3 40 m	9,14	1,73	7,28	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,26	<0,1	<0,1	1,57	<0,1	<0,1	0,15
BO3 fondo	10,09	1,43	7,82	<0,1	0,17	<5	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	1,49	0,88	<0,1	0,12
BO4 sup	12,18	1,60	7,54	<0,1	0,22	<5	0,30	0,63	0,24	<0,1	1,68	4,18	<0,1	0,13
BO4 20 m	12,17	1,30	7,31	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,42	<0,1	<0,1	1,57	<0,1	<0,1	0,13
BO4 40 m	10,71	1,36	7,35	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,42	<0,1	<0,1	1,59	<0,1	<0,1	0,14
BO4 fondo	18,03	1,21	7,37	<0,1	0,35	9,68	<0,1	1,23	0,40	<0,1	1,67	5,94	<0,1	0,15
BO5 sup	11,58	1,66	7,56	<0,1	0,13	<5	<0,1	0,38	<0,1	<0,1	1,59	<0,1	<0,1	0,13
BO5 20 m	15,00	1,22	7,81	<0,1	0,19	<5	<0,1	0,46	<0,1	<0,1	1,64	<0,1	<0,1	0,15
BO5 40 m	9,54	1,12	7,36	<0,1	0,12	<5	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	1,64	<0,1	<0,1	0,12
BO5 fondo	8,56	1,53	7,24	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,25	<0,1	<0,1	1,51	<0,1	<0,1	0,14
BO6 sup	13,34	1,55	7,58	<0,1	0,47	8,17	<0,1	0,52	0,12	<0,1	1,67	<0,1	<0,1	0,13
BO6 20 m	9,54	1,54	7,16	<0,1	<0,1	<5	<0,1	0,32	<0,1	<0,1	1,52	<0,1	<0,1	0,12
BO6 40 m	10,64	1,60	7,48	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,35	<0,1	<0,1	1,70	<0,1	<0,1	0,12
BO6 fondo	9,76	1,41	7,38	<0,1	0,10	<5	<0,1	0,32	<0,1	<0,1	1,57	<0,1	<0,1	0,14
BO7 sup	10,28	1,57	7,72	<0,1	0,17	5,81	0,23	0,41	0,10	<0,1	1,72	2,75	<0,1	0,16
BO7 20 m	10,98	1,52	7,29	<0,1	0,22	<5	<0,1	0,37	<0,1	<0,1	1,67	<0,1	<0,1	0,13
BO7 40 m	11,93	1,27	7,37	<0,1	0,32	<5	<0,1	0,52	<0,1	<0,1	1,67	4,35	<0,1	0,14
BO7 fondo	8,61	1,46	7,24	<0,1	<0,1	<5	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	1,62	<0,1	<0,1	0,14
BO8 sup	9,20	1,43	7,18	<0,1	0,19	<5	<0,1	0,33	<0,1	<0,1	1,57	<0,1	<0,1	0,15
BO8 20 m	11,07	1,81	7,28	<0,1	0,30	<5	<0,1	0,55	<0,1	<0,1	1,68	5,12	<0,1	0,13
BO8 40 m	10,82	1,38	7,47	<0,1	0,17	<5	<0,1	0,50	<0,1	<0,1	1,66	<0,1	<0,1	0,13
BO8 fondo	8,99	1,15	7,37	<0,1	0,10	<5	<0,1	0,25	<0,1	<0,1	1,65	<0,1	<0,1	0,14

Tab. 2-XIX – Continuo.

Aprile 2016														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	1,89	1,47	8,90	<0,1	0,18	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,41	<0,1	<0,1	0,13
BO1 20 m	2,72	1,62	7,96	0,10	0,22	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,37	0,76	<0,1	0,13
BO1 40 m	5,72	1,54	7,56	<0,1	0,25	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,42	3,06	<0,1	0,18
BO1 fondo	2,54	1,77	7,84	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,15	<0,1	<0,1	1,28	0,65	<0,1	0,16
BO2 sup	6,35	1,57	8,22	<0,1	0,36	8,07	<0,1	0,13	0,11	<0,1	1,48	19,84	<0,1	0,13
BO2 20 m	3,95	1,45	8,55	<0,1	0,24	6,71	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	1,48	15,01	<0,1	0,13
BO2 40 m	12,16	1,38	8,00	<0,1	0,18	<5	<0,1	0,44	<0,1	<0,1	1,33	24,80	<0,1	0,14
BO2 fondo	0,31	1,68	7,92	<0,1	0,17	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,65	<0,1	<0,1	0,18
BO3 sup	3,03	1,49	8,60	0,11	0,31	7,47	<0,1	0,21	0,33	0,25	1,28	6,14	<0,1	0,14
BO3 20 m	11,05	1,55	8,04	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,41	0,13	<0,1	1,50	10,93	<0,1	0,15
BO3 40 m	1,30	1,53	7,89	<0,1	0,13	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,24	<0,1	<0,1	0,13
BO3 fondo	2,78	1,40	8,02	<0,1	0,14	<5	<0,1	<0,1	0,13	<0,1	1,60	<0,1	<0,1	0,19
BO4 sup	3,70	1,50	8,32	<0,1	0,16	<5	<0,1	0,13	<0,1	<0,1	1,65	5,30	<0,1	0,14
BO4 20 m	17,26	1,16	7,64	<0,1	0,17	<5	<0,1	0,21	<0,1	<0,1	1,27	15,31	<0,1	0,14
BO4 40 m	<0,1	1,29	7,81	<0,1	0,12	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,42	<0,1	<0,1	0,14
BO4 fondo	0,42	1,62	8,00	<0,1	0,16	<5	<0,1	0,17	<0,1	<0,1	1,37	<0,1	<0,1	0,20
BO5 sup	0,37	1,46	8,01	<0,1	0,13	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,36	<0,1	<0,1	0,13
BO5 20 m	<0,1	1,44	7,79	<0,1	0,13	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,42	<0,1	<0,1	0,14
BO5 40 m	8,42	1,92	8,22	<0,1	0,37	<5	<0,1	0,27	0,22	<0,1	1,44	4,04	<0,1	0,15
BO5 fondo	2,58	1,50	8,23	<0,1	0,23	6,96	<0,1	0,14	<0,1	<0,1	1,51	<0,1	<0,1	0,16
BO6 sup	2,76	1,71	8,21	<0,1	0,23	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,61	7,95	<0,1	0,14
BO6 20 m	8,30	1,76	7,94	<0,1	0,22	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,38	11,49	<0,1	0,16
BO6 40 m	3,07	1,54	8,14	<0,1	0,18	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,49	5,65	<0,1	0,13
BO6 fondo	5,24	1,65	8,10	<0,1	0,25	<5	<0,1	0,72	<0,1	<0,1	1,37	11,34	<0,1	0,18
BO7 sup	<0,1	1,73	7,91	<0,1	<0,1	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,54	<0,1	<0,1	0,13
BO7 20 m	<0,1	1,54	7,93	<0,1	0,10	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,36	5,39	<0,1	0,14
BO7 40 m	0,57	1,58	8,29	<0,1	0,19	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,42	4,05	<0,1	0,12
BO7 fondo	<0,1	1,57	7,92	<0,1	0,12	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,51	<0,1	<0,1	0,17
BO8 sup	1,67	1,53	8,02	<0,1	0,23	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,60	19,57	<0,1	0,13
BO8 20 m	1,64	1,68	7,93	<0,1	0,17	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,49	<0,1	<0,1	0,14
BO8 40 m	<0,1	1,63	7,93	<0,1	0,19	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,55	11,60	<0,1	0,21
BO8 fondo	0,74	2,08	8,20	<0,1	0,34	<5	<0,1	1,29	<0,1	<0,1	1,50	3,03	<0,1	0,16

2.2.2 MISURE CORRENTOMETRICHE

Dal grafico delle pressione (fig. 2.33) è emerso il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione. Infatti non sono avvenuti abbattimenti importanti del correntometro tali da poter creare problemi alle misure.

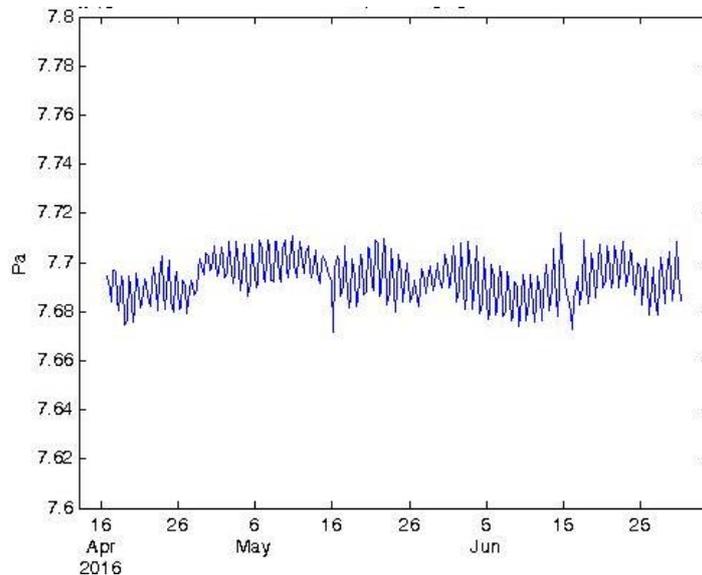
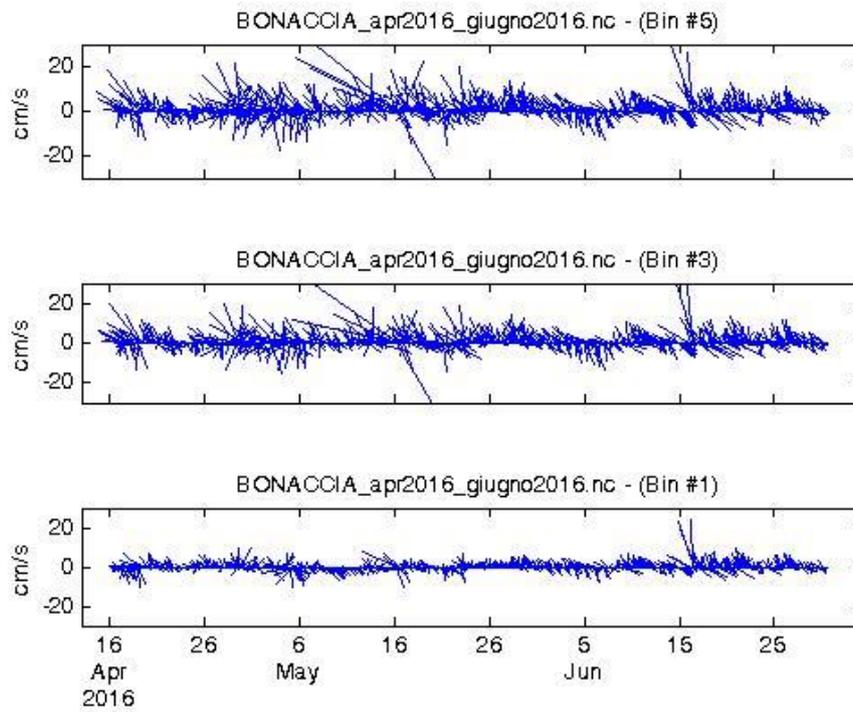


Fig. 2.33 - Pressione misurata dal 15 aprile al 30 giugno dall'ADCP posizionato presso Bonaccia NW.

Durante il periodo preso in considerazione (20 aprile - 30 giugno 2016) le correnti sono risultate tendenzialmente dirette verso N/NW, con rotazioni verso Sud nel mese di marzo, per poi tornare verso Nord. L'intensità della corrente, leggermente superiore nei bin più superficiali, è apparsa relativamente costante e di modesta intensità (5-10 cm/s), con un aumento nel mese di maggio quando ha raggiunto i 20 cm/s circa.

Bin1(-74m) – Bin3(-70m) – Bin5(-66m)



Bin7(-62m) – Bin9(-58m) – Bin11(-54m)

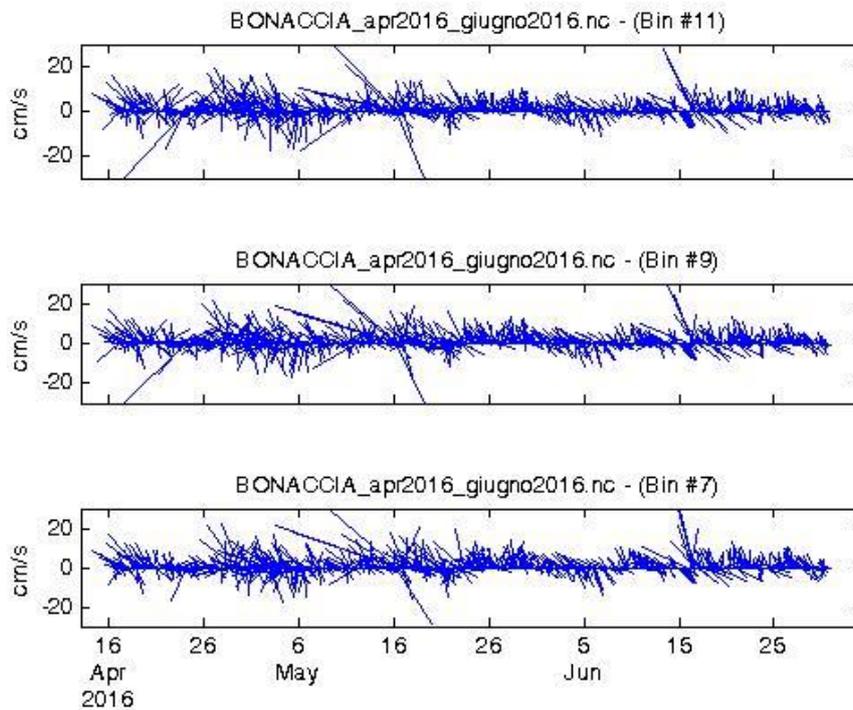
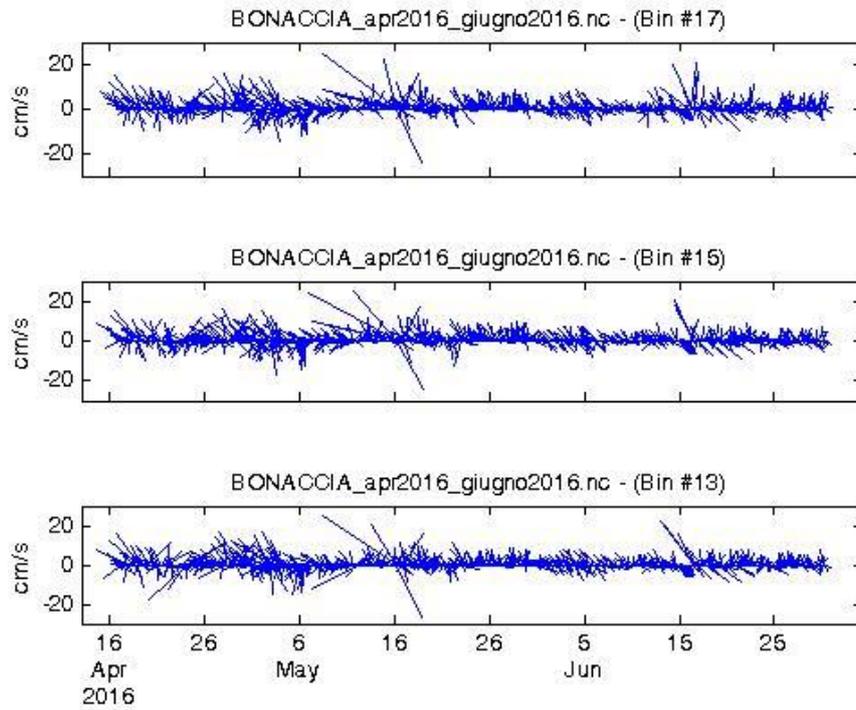


Fig. 2.34 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con l'ADCP nel periodo 15/04 - 30/06/2016.

Bin13(-50m) – Bin15(-46m) – Bin17(-42m)



Bin19(-38m) – Bin21(-34m) – Bin23(-30m)

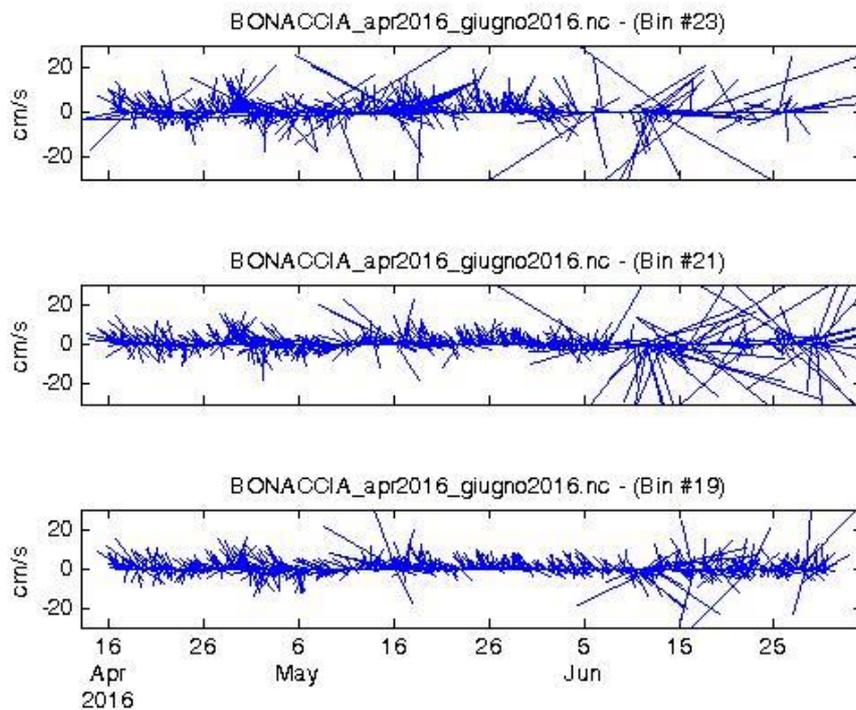


Fig. 2.34 - Continuo.

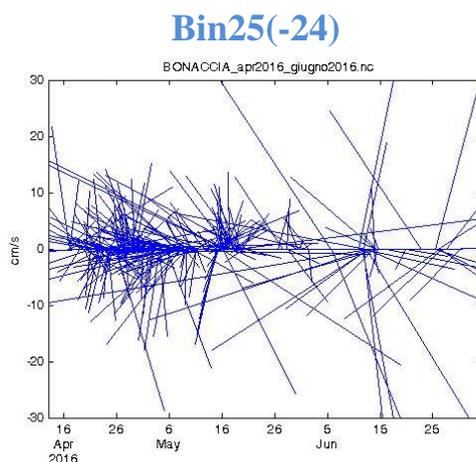


Fig. 2.34 - Continuo.

La temperatura misurata dal correntometro (fig. 2.35) ha presentato un andamento crescente (seppure altalenante) da inizio periodo (12,1°C) alla prima settimana di maggio, quando è stato raggiunto il massimo di 12,9°C. Nei giorni successivi è avvenuta una brusca flessione sino a 12,2°C, alla quale è seguito un aumento graduale che ha portato, a fine periodo, a una temperatura di circa 12,6°C.

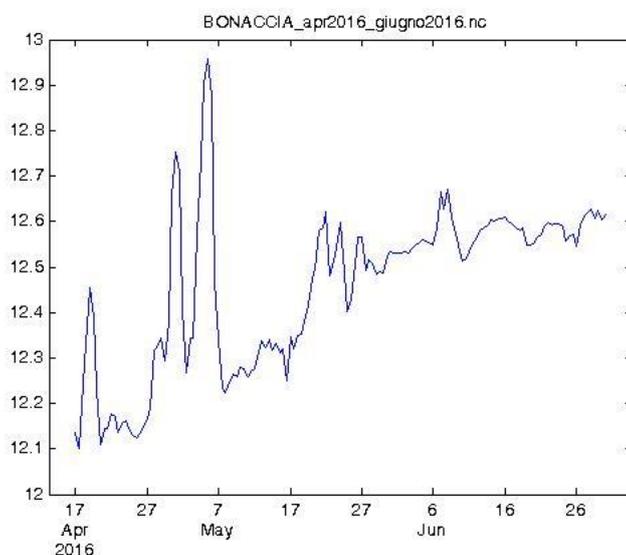


Fig. 2.35 - Andamento della temperatura registrata dal sensore dell'ADCP dal 15 aprile al 30 giugno 2016.

2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

2.2.3.1 Granulometria

All'analisi visiva tutti i sedimenti monitorati dopo i lavori di installazione di Bonaccia NW sono apparsi di colore grigio-nocciola, molto simili tra loro e inodori, con uno strato ossidato sottile di circa 0,5 cm. Inoltre, al tatto la frazione sabbiosa risultava prevalente, sebbene apparisse cospicua anche la componente siltosa. Nei siti BO NW e BO SE sono state rilevate strie nerastre nel profilo sedimentario ad indicare fenomeni di anossia (fig. 2.36). Residui conchigliari sono stati osservati in tutti i campioni.



Fig. 2.36 - Campione di sedimento prelevato nell'inverno 2016 dal sito BO SE.

Dall'analisi granulometrica (fig. 2.37, Tab. 2-XX) è emersa la predominanza della frazione sabbiosa ovunque eccetto in A8, con percentuali comprese tra il 21,80% (A8) e il 70,04% (B5) lungo i transetti e tra il 44,31% (K4) e il 77,60% (K3) ai controlli. La pelite è risultata costituita in tutti i campioni in prevalenza dal silt, che ha prevalso sulla sabbia in A8 con il 62,21%. L'argilla è stata la frazione meno rappresentata, essendo stata rilevata nella maggior parte dei campioni in percentuali inferiori al 10%. Come anticipato, l'unica anomalia evidente riguarda la stazione A8.

Non ci sono evidenze che le differenze spaziali riscontrati siano relazionabili alla presenza della piattaforma. Tutti i sedimenti sono stati classificati come sabbia siltosa secondo Shepard, eccetto A8 (silt sabbioso) e K3 (sabbia).

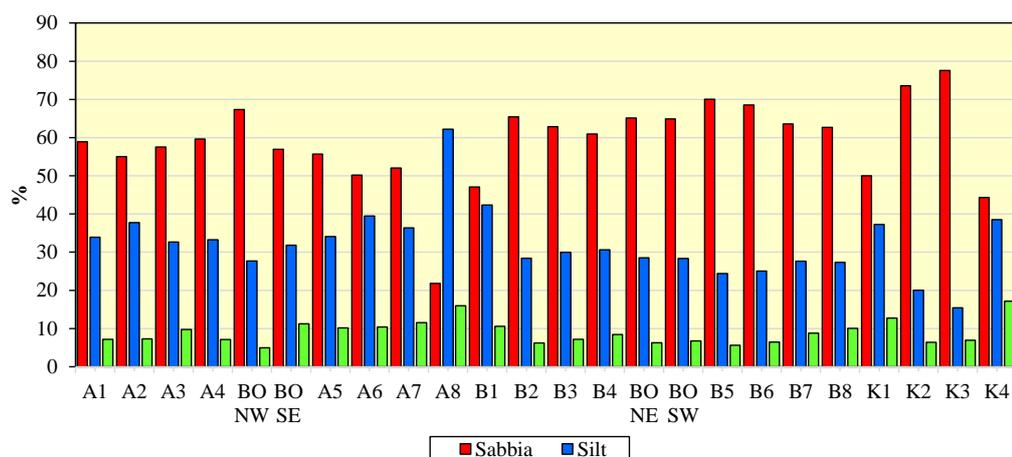


Fig. 2.37 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nel nel 1° survey post lavori.

Tab. 2-XX - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nel 1° survey post lavori. I siti corrispondenti alla piattaforma sono evidenziati in rosso.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Shepard
		Silt	Argilla	
A1	58,90	33,91	7,18	Sabbia siltosa
A2	55,01	37,72	7,27	Sabbia siltosa
A3	57,57	32,67	9,76	Sabbia siltosa
A4	59,61	33,27	7,12	Sabbia siltosa
BO NW	67,35	27,69	4,96	Sabbia siltosa
BO SE	56,91	31,82	11,27	Sabbia siltosa
A5	55,70	34,12	10,19	Sabbia siltosa
A6	50,16	39,47	10,38	Sabbia siltosa
A7	52,06	36,38	11,56	Sabbia siltosa
A8	21,80	62,21	15,99	Silt sabbioso
B1	47,07	42,32	10,60	Sabbia siltosa
B2	65,41	28,40	6,19	Sabbia siltosa
B3	62,89	29,96	7,15	Sabbia siltosa
B4	60,96	30,61	8,43	Sabbia siltosa
BO NE	65,14	28,56	6,30	Sabbia siltosa
NO SW	64,89	28,36	6,75	Sabbia siltosa
B5	70,04	24,38	5,59	Sabbia siltosa
B6	68,52	25,04	6,44	Sabbia siltosa
B7	63,58	27,64	8,78	Sabbia siltosa
B8	62,68	27,30	10,02	Sabbia siltosa
K1	50,01	37,27	12,72	Sabbia siltosa
K2	73,57	20,06	6,37	Sabbia siltosa
K3	77,60	15,44	6,96	Sabbia
K4	44,31	38,51	17,18	Sabbia siltosa

2.2.3.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

Nel 1° survey post lavori i vari composti hanno presentato comportamenti diversi tra loro. e nessuno di loro è risultato presente in tutti i siti (Tab. 2-XXI).

L'Indeno(1,2,3-c,d)pirene è stato il composto più diffuso essendo non quantificabile solo in BO NW e K3, stazioni in cui non è stato rilevato alcun composto.

Complessivamente gli IPA sono risultati poco presenti nei controlli dove, oltre al già citato Indeno(1,2,3-c,d)pirene, è stato rilevato unicamente il Naftalene in K4.

Diffusamente presenti lungo i transetti e in prossimità di Bonaccia NW erano invece Acenaftene, Antracene, Fluorantene, Fenantrene e Pirene. I restanti composti sono stati rilevati solo sporadicamente. In tutti i casi i tenori sono apparsi ampiamente inferiori agli LCB e PP del Manuale ICRAM-APAT (2007) e, pertanto, le differenze spaziali sono da ritenere del tutto trascurabili (fig. 2.38). Anche il tenore riscontrato in A8, almeno in parte imputabile anche alla presenza di un sedimento più fine che ha maggiori capacità di trattenere i contaminanti, è comunque troppo basso per indicare uno stato di contaminazione dell'area.

Tab. 2-XXI - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nel nel 1° survey post lavori. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB e i valori chimici cautelativi per le sostanze Pericolose Prioritarie (PP) indicati da ICRAM-APAT (2007). 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s. = limite di rilevabilità strumentale.

	LCB/PP	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene	7	2,0	1,9	1,9	2,4	1,7	1,8	2,0	1,5	2,8	2,7	2,6	2,3	2,5	2,2	<1	<1	1,8	1,3	1,9	1,7	<1	<1	<1	<1
Acenaftilene		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Antracene	47 (24)*	3,8	3,3	3,9	5,1	3,7	5,0	5,0	5,2	5,4	7,3	4,1	3,3	4,4	4,0	<1	<1	10,0	3,5	4,6	5,5	<1	<1	<1	<1
Benzo (a) antracene	75	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo (a) pirene	80 (30)*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo (b) fluorantene	40	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	10,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo (g, h,i) perilene	55	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	12,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo (k) fluorantene	20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	11,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Crisene	108	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dibenzo (a, h) antracene	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fenantrene	87	1,2	1,0	1,2	1,6	<1	1,6	2	1,6	1,9	2,2	1,2	1,0	1,2	1,1	<1	<1	2,1	1,3	1,3	1,6	<1	<1	<1	<1
Fluorantene	113	2,0	1,9	2,1	2,6	2,0	3,0	2,6	2,6	3,2	3,7	2,3	1,6	2,0	2,1	<1	<1	6,2	1,8	1,9	5,1	<1	<1	<1	<1
Fluorene	21	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	3,0	3,9	3,7	3,1	3,9	5,1	4,4	4,7	6,0	12,0	5,4	2,6	3,8	3,5	8,6	<1	9,6	3,3	3,8	6,4	7,8	5,1	<1	7,0
Naftalene	35	12,0	6,1	14,0	14,0	16,0	16,0	17,0	14,0	19,0	20,0	18,0	16,0	17,0	15,0	<1	<1	18,0	14,0	15,0	19,0	<1	<1	<1	24,0
Pirene	153	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Totale	900	24,0	18,1	26,8	28,8	27,3	32,5	33,0	29,6	38,3	70,9	33,6	26,8	30,9	27,9	19,6		49,2	25,2	28,5	39,3	7,8	5,1		31,0

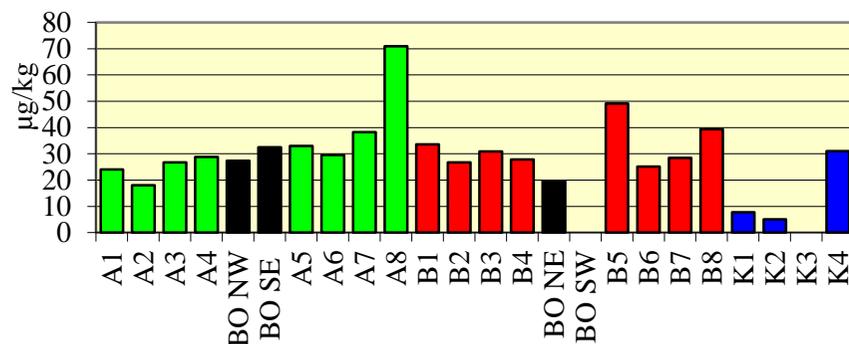


Fig. 2.38 - Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero.

2.2.3.3 Idrocarburi totali

Nel 1° survey post lavori di installazione di Clara NW gli Idrocarburi sia pesanti ($C>12$) che leggeri ($C<12$) non sono risultati rilevabili in alcuna stazione.

2.2.3.4 Metalli pesanti

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'inverno 2012 sono riportati in fig. 2.39 e in Tab. 2-XXII. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai livelli chimici nazionali indicati nel DM 173 2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale (50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

Alluminio – L'area in studio risulta caratterizzata da valori di alluminio modesti. Lungo i transetti il massimo è stato registrato in A8 (2,42%), valore confrontabile con quello del controllo K4 (2,22%). I siti della piattaforma sono apparsi confrontabili con le stazioni dei transetti. Al momento sembra che questo metallo non sia influenzato dalla presenza della piattaforma.

Arsenico – Le concentrazioni rilevate lungo i transetti e in prossimità di Bonaccia NW dopo i lavori di installazione sono apparse mediamente maggiori rispetto ai controlli (A: $20,92\pm 3,77$; B: $23,63\pm 1,76$; BO: $21,68\pm 1,17$; K: $12,54\pm 2,07$ mg/kg) e superiori all' L'SQA riportato nella Tab. 3/B del DM 2015/172 (12 mg/kg s.s.). Tale superamento è stato registrato, ma in maniera più modesta, anche nei controlli K2 e K3.

Bario – Le concentrazioni di bario registrate dopo le operazioni di posa in opera di Bonaccia NW sono risultate per lo più confrontabili tra transetti e controlli. Non mancano tuttavia alcune anomalie degne di nota. Lungo il transetto A è stato rilevato un picco in A8 pari a 4,5 volte la media dei controlli ($34,39\pm 11,47$ mg/kg). Lungo il transetto B si osserva una chiara tendenza all'incremento di bario al ridursi della distanza dalla piattaforma dove, al di là delle differenze tra siti, si registra un valore medio pari a $185,10\pm 92,15$ mg/kg che risulta essere oltre 5 volte la media dei controlli. In corrispondenza di BO NW è stato rilevato il picco stagionale pari a quasi 10 volte la media dei siti K.

Cadmio – Le concentrazioni di cadmio sono risultate molto basse ovunque, notevolmente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 (0,3 mg/kg s.s.). I tenori registrati lungo i transetti e nei siti BO sono tutti in linea con i controlli K2, K3 e K4 e inferiori al controllo K1.

Tab. 2-XXII - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW.

	Alluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cromo	Rame	Ferro	Indio	Mercurio	Nichel	Piombo	Silicio	Vanadio	Zinco
A1	1,49	19,50	46,77	0,043	44,43	8,44	1,93	< 0,02	0,016	35,89	11,23	172,06	48,88	48,76
A2	1,36	21,86	44,57	0,047	40,95	8,99	1,82	< 0,02	0,017	33,83	13,14	130,00	46,13	43,46
A3	1,10	20,55	43,00	0,045	35,54	8,74	1,70	0,033	0,019	32,07	12,23	95,54	40,93	40,91
A4	1,09	17,95	53,89	0,050	35,17	9,43	1,66	0,025	0,019	29,80	10,19	116,39	39,05	39,20
BO NW	1,40	23,36	312,83	0,044	42,77	9,10	2,01	0,055	0,016	32,67	12,01	76,67	51,28	44,96
BO SE	1,63	21,07	172,25	0,045	50,37	13,54	2,18	0,020	0,020	40,06	13,51	80,71	54,20	53,94
A5	1,45	21,84	61,23	0,054	42,47	8,98	1,87	< 0,02	0,019	35,41	13,46	89,26	47,81	45,28
A6	1,27	27,20	47,59	0,045	40,53	10,23	1,89	< 0,02	0,022	36,60	14,00	266,14	44,71	47,63
A7	1,66	23,80	65,68	0,046	47,38	11,17	2,04	< 0,02	0,021	39,30	14,37	111,07	51,43	52,06
A8	2,42	14,67	155,44	0,053	61,37	14,31	2,23	0,020	0,028	50,87	13,97	142,39	59,03	65,04
B1	1,30	21,42	35,51	0,044	39,33	9,18	1,75	< 0,02	0,019	33,79	13,19	276,42	42,31	44,66
B2	0,86	22,88	32,47	0,042	31,94	6,88	1,55	< 0,02	0,018	27,60	11,90	112,35	36,42	37,57
B3	1,00	23,93	44,18	0,049	33,97	9,85	1,71	< 0,02	0,016	31,58	13,25	145,34	40,28	44,00
B4	1,03	23,42	60,02	0,045	34,14	9,35	1,67	< 0,02	0,018	30,68	13,12	110,42	40,19	41,12
BO NE	1,48	21,54	93,03	0,042	45,22	10,61	1,94	0,028	0,019	34,66	12,65	67,15	51,23	44,54
BO SW	1,17	20,75	162,38	0,049	37,29	8,75	1,84	< 0,02	0,016	27,48	10,81	142,72	47,38	64,53
B5	0,98	26,10	65,04	0,047	33,64	8,77	1,71	< 0,02	0,017	28,60	13,15	172,37	42,17	39,35
B6	1,11	25,65	46,14	0,044	36,17	6,69	1,72	< 0,02	0,017	29,54	12,77	136,38	41,57	38,71
B7	1,12	24,34	37,35	0,048	38,32	7,87	1,72	< 0,02	0,018	30,67	12,74	149,54	41,83	39,25
B8	1,23	21,27	37,54	0,050	38,27	8,58	1,72	< 0,02	0,018	31,90	12,26	296,54	42,40	42,00
K1	1,80	11,40	39,37	0,079	49,25	11,52	1,88	< 0,02	0,025	38,47	13,87	70,21	49,82	51,08
K2	1,04	15,58	27,29	0,037	34,00	6,30	1,44	< 0,02	0,017	25,46	9,13	51,03	35,18	35,41
K3	1,01	12,15	22,86	0,035	37,22	5,95	1,35	< 0,02	0,011	24,10	7,40	56,98	32,33	30,79
K4	2,22	11,05	48,04	0,045	58,36	13,87	2,23	< 0,02	0,025	46,91	12,85	71,76	57,50	61,42

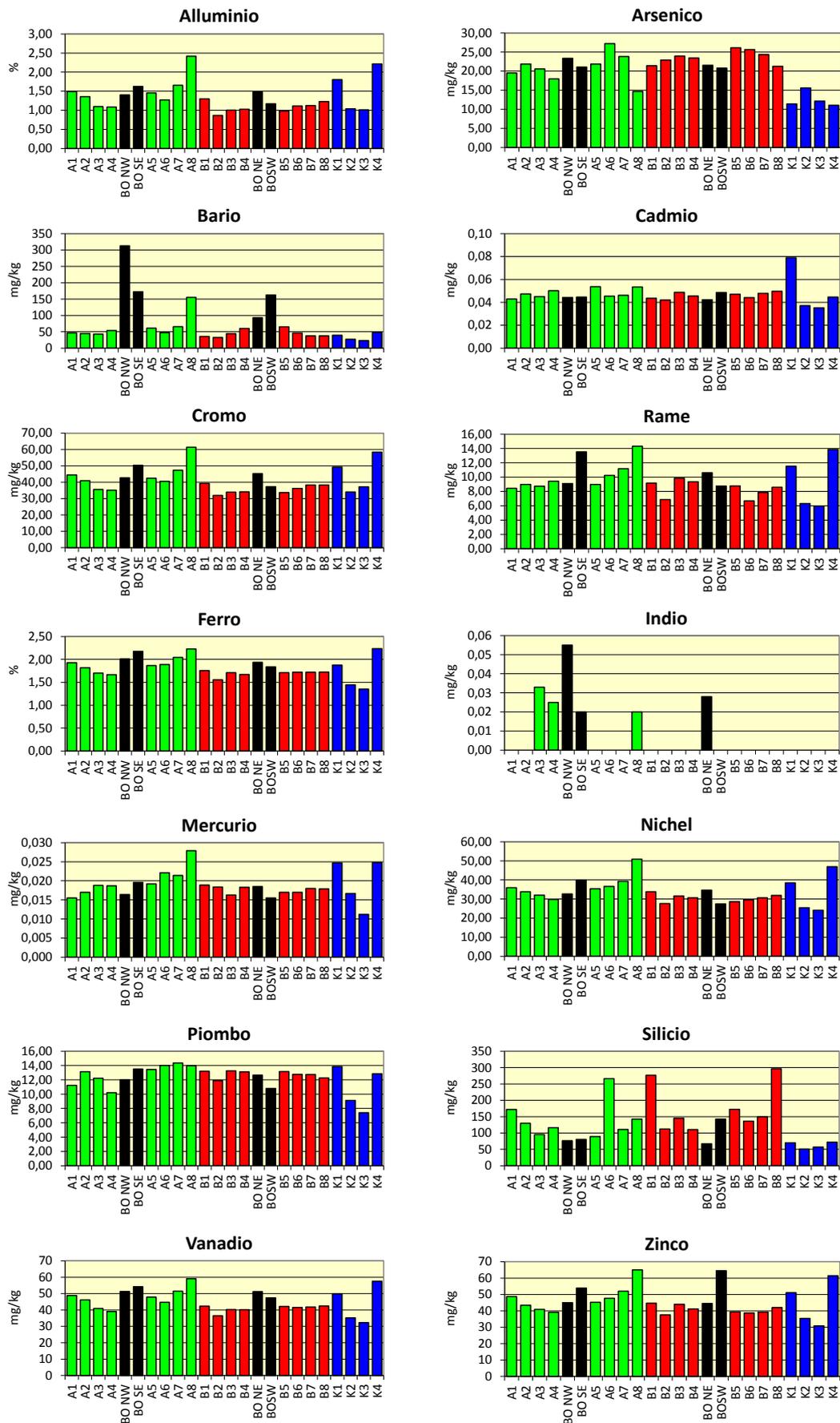


Fig. 2.39 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nel 1° survey post lavori. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

Cromo – Le concentrazioni di cromo rilevate lungo i transetti e in prossimità di Bonaccia NW nell'inverno 2016 sono apparse del tutto in linea con quelle registrate nei controlli (A: $43,48 \pm 8,32$; B: $35,72 \pm 2,69$; BO: $43,91 \pm 5,44$; K: $44,71 \pm 11,22$ mg/kg). Da notare che i tenori sono tutti modesti e tranne A8 e K4 inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/B del DM 250/2015 (50 mg/kg).

Rame – Le concentrazioni di rame rilevate lungo i transetti e in prossimità di Bonaccia NW nel 1° survey post lavori sono apparse del tutto in linea con quelle registrate nei controlli e risultati ampiamente inferiori al livello chimico nazionale (40 mg/kg); anche i massimi osservati in BO SE (13,54 mg) e A8 (14,31 mg/kg) sono risultati confrontabili con K4 (13,87 mg/kg).

Ferro – Le concentrazioni di ferro rilevate lungo i transetti e in prossimità di Bonaccia NW, comprese tra 1,55% (B2) e 2,23% (A8), sono apparse del tutto in linea con quelle registrate nei controlli dove questo metallo è oscillato tra 1,35% (K3) e 2,23% (K4).

Indio – Dopo le operazioni di posa in opera questo metallo è risultato inferiore al limite di quantificazione (0,02 mg/kg) nella maggior parte delle stazioni e, laddove presente, ha esibito valori molto bassi. Il tenore maggiore è stato registrato presso la piattaforma in BO NW (0,055 mg/kg).

Mercurio – Anche le concentrazioni di mercurio sono risultate molto modeste, ampiamente inferiori all'SQA (0,3 mg/kg s.s.) riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172. I tenori lungo i transetti (dove è stato registrato il massimo in A8; 0,028 mg/kg) e in prossimità di Bonaccia NW sono apparsi del tutto in linea con quelli registrati nei controlli (A: $0,020 \pm 0,004$; B: $0,018 \pm 0,001$; BO: $0,018 \pm 0,002$; K: $0,019 \pm 0,007$ mg/kg).

Nichel – Anche le concentrazioni di nichel rilevate lungo i transetti e in prossimità di Bonaccia NW nell'inverno 2016 sono apparse confrontabili con quelle registrate nei controlli, dove questo metallo è oscillato tra 24,10 mg/kg (K3) e 46,91 mg/kg (K4), valore quest'ultimo simile al massimo dei transetti osservato in A8 (50,87 mg/kg).

L'SQA riportato nelle Tabb. 2/A del DM 56/2009 e del DM 260/2010 (30 mg/kg s.s.) è stato superato ovunque eccetto in A4, B2, B5 e B6, in BO SW e nei controlli K2 e K3.

Piombo – Le concentrazioni di piombo rilevate dopo la posa in opera di Bonaccia NW nei vari siti sono risultate molto basse, ampiamente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 (30 mg/kg s.s.) e in linea tra transetti, siti BO e controlli.

Silicio – Le concentrazioni di silicio sono apparse molto variabili e maggiori lungo transetti e nell'area prossima a Bonaccia NW rispetto ai controlli. I picchi sono stati rilevati in B8 (296,54 mg/kg), pari a 4,8 volte la media dei controlli ($62,49 \pm 10,12$ mg/kg),

B1 (276,42 mg/kg; 4,4 volte la media di K) e A6 (266,14 mg/kg; 4,3 volte la media di K).

Vanadio – Le concentrazioni di vanadio rilevate lungo i transetti e in prossimità di Bonaccia NW sono apparse confrontabili con quelle registrate nei controlli (A: 47,25±6,26; B: 40,90±2,00; BO: 51,02±2,79; K: 43,71±11,97 mg/kg). Anche per questo metallo il picco, comunque in linea con K4, è stato rilevato in A8.

Zinco – Anche le concentrazioni di zinco rilevate lungo i transetti e in prossimità di Bonaccia NW nell'inverno 2016 sono risultate modeste (molto inferiori al livello chimico nazionale: 100 mg/kg) e del tutto in linea con quelle registrate nei controlli. Nell'area circostante la piattaforma i massimi sono stati rilevati in A8 (65,04 mg/kg) e BO SW (64,53 mg/kg), valori prossimi a quello del controllo K4 (61,42 mg/kg).

2.2.3.5 Sostanza organica

Nel 1° survey post lavori di installazione i tenori di sostanza organica (Tab. 2-XXIII, fig. 2.40) sono risultati diffusamente modesti e confrontabili tra transetti, controlli e siti in prossimità di Bonaccia NW (A: 15.651±3.080; B: 16.382±1.533; BO: 18.139±1.794; K: 16.388±4.233 mg/kg). Non ci sono anomalie da segnalare.

Tab. 2-XXIII – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

A1	15.690
A2	13.813
A3	14.724
A4	13.004
BO NW	17.530
BO SE	20.626
A5	13.321
A6	16.444
A7	15.549
A8	22.659
B1	17.349
B2	12.991
B3	16.638
B4	15.897
BO NE	16.382
BO SW	18.018
B5	17.229
B6	17.858
B7	17.162
B8	15.933
K1	20.063
K2	13.022
K3	12.434
K4	20.034

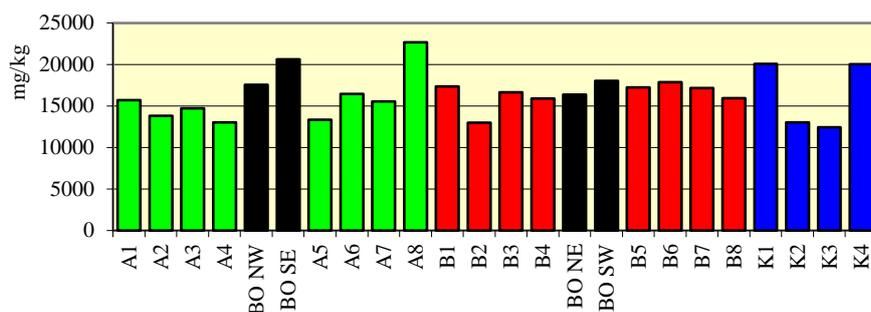


Fig. 2.40 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW.

2.2.3.5 Total Organic Carbon (TOC)

Il TOC rilevato dopo i lavori di installazione (Tab. 2-XXIV, fig. 2.41) è apparso abbastanza variabile sia lungo i transetti, sia nei controlli. Lungo A i tenori maggiori sono stati rilevati nei siti A1 e A2, corrispondenti a oltre 2 volte la media dei controlli (12.825 ± 7.424 mg/kg), analogamente a BO NW. Il transetto B è apparso omogeneo nella porzione Nord sino a BO NE, presentando concentrazioni più che doppie rispetto alla media dei siti K; dopo il minimo rilevato in BO SW i valori sono andati aumentando diventando simili a quelli a quelli rilevati a NE in B7 e B8.

Tab. 2-XXIV – Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW.

A1	30.000
A2	32.000
A3	5.400
A4	19.000
BO NW	30.000
BO SE	14.000
A5	23.000
A6	14.000
A7	11.000
A8	17.000
B1	24.000
B2	30.000
B3	31.000
B4	30.000
BO NE	28.000
BO SW	7.900
B5	11.000
B6	16.000
B7	26.000
B8	27.000
K1	9.600
K2	4.700
K3	15.000
K4	22.000

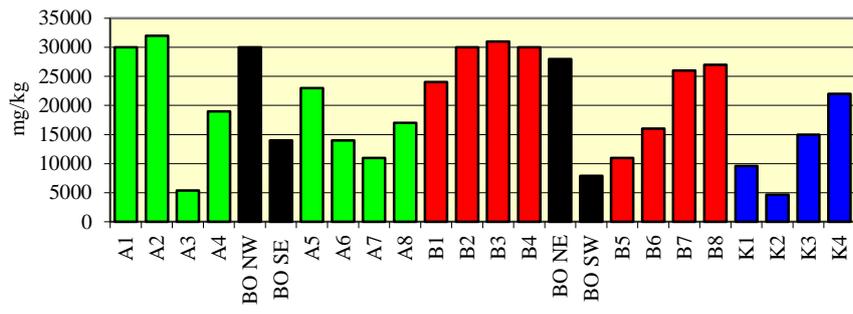


Fig. 2.41 - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

2.2.4.1 *Dunaliella tertiolecta*

QA-QC - I due test eseguiti come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (12,03 mg/l come cromo) sono rientrati nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (LC=11,79 e UC=12,33 mg/l); i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi in quanto inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio relativo all'inverno 2016 indicano l'assenza di un effetto tossico ovunque (Tab. 2-XXV).

Tab. 2-XXV - Parametri di contorno e risultati del saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nel 1° survey post lavori. In rosso il sito della piattaforma.

campione	pH	Salinità (‰)	ΔG (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
BO SE	8,26	35	-2,58%	≥ 90	>100%	Assente
A3	8,32	35	-11,88%	≥ 90	>100%	Assente
A6	8,26	34	-13,08%	≥ 90	>100%	Assente
B3	8,27	34	-14,29%	≥ 90	>100%	Assente
B6	8,19	34	-7,92%	≥ 90	>100%	Assente
K1	8,22	36	0,86%	≥ 90	>100%	Assente
K2	8,11	35	-14,11%	≥ 90	>100%	Assente
K3	8,19	35	-5,16%	≥ 90	>100%	Assente
K4	8,35	35	-7,06%	≥ 90	>100%	Assente

2.2.4.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

QA-QC – Il valore della EC50(15') = 10,62 mg/l (LC=8,77 e UC=12,86) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio (3,47-11,47).

Risultati del test – Tutti gli elutriati estratti dai sedimenti campionati nel 1° survey post lavori sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 2-XXVI).

Tab. 2-XXVI - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* relativo al 1° survey post lavori. In rosso la stazione corrispondente a Bonaccia NW.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
BO SE	8,26	35	-1,23	6,67	>90	>90	Assente
A3	8,32	35	-8,68	0,46	>90	>90	Assente
A6	8,26	34	5,82	7,22	>90	>90	Assente
B3	8,27	34	9,53	11,72	>90	>90	Assente
B6	8,19	34	-1,69	0,57	>90	>90	Assente
K1	8,22	36	0,89	9,82	>90	>90	Assente
K2	8,11	35	-5,67	2,30	>90	>90	Assente
K3	8,19	35	-1,53	0,95	>90	>90	Assente
K4	8,35	35	-0,40	-0,41	>90	>90	Assente

2.2.4.3 *Corophium orientale*

La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl_2) $\text{LC}_{50} = 3,10$ ($\text{LC} = 2,82 \text{ mg/l}$ e $\text{UC} = 3,40 \text{ mg/l}$) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 gg è risultata conforme, in quanto superiore al 85%. In Tab. 2-XXVII sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test eseguito nel 1° survey post lavori.

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg hanno documentato l'assenza di tossicità acuta in tutti i sedimenti testati eccetto nel controllo K4 (tossicità bassa; Tab. 2-XXVIII).

Tab. 2-XXVII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test relativo al 1° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente a Bonaccia NW.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH_4^+ (mg/l)	O_2 (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH_4^+ (mg/l)	O_2 (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,21	0,5	> 85	15 ± 1	36	8,12	0,5	> 85
BO SE		37	8,12	0			37	8,04	1	
A3		37	8,16	0			37	8,08	0	
A6		37	8,15	0			37	8,05	0,5	
B3		37	8,17	0			36	8,07	0,5	
B6		37	8,14	0,5			37	8,06	0	
K1		37	8,15	0			38	8,09	0,5	
K2		37	8,13	0			36	8,05	0,5	
K3		37	8,09	0,5			37	8,04	1	
K4		37	8,14	0			37	8,03	0,5	

Tab. 2-XXVIII - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al 1° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente a Bonaccia NW.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	1 ± 0,80	0	-
BO SE	100	8 ± 1,30	7	Assente
A3	100	8 ± 1,30	7	Assente
A6	100	8 ± 3,27	7	Assente
B3	100	13 ± 2,00	12	Assente
B6	100	12 ± 3,27	11	Assente
K1	100	12 ± 3,27	11	Assente
K2	100	9 ± 2,00	8	Assente
K3	100	9 ± 3,83	8	Assente
K4	100	16 ± 3,27	15	Bassa

2.2.4.4 *Crassostrea gigas*

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC_{50} di 13,18 $\mu\text{g/l}$ di Cu ($\text{LC}=12,25$ e $\text{UC}=14,18$) che rientra nei limiti della carta di controllo (5-45 $\mu\text{g/l}$); la

% di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo ($86 \pm 1,53\%$) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Negli elutriati A3, A6 e K3 i valori dell'EC₂₀ e dell'EC₅₀ determinati dalle diminuzioni altamente significative delle percentuali delle larve D-shape rispetto al controllo negativo rivelano la presenza di una tossicità cronica media. Altrove è stata rilevata una tossicità cronica bassa eccetto in BO SE, unico sito privo di tossicità.

Tab. 2-XXIX - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente alla piattaforma Bonaccia NW.

campione	Concentrazione	% media di larve normali ± dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC ₂₀ (%)	EC ₅₀ (%)	Tossicità
Controllo		86 ± 1,53	14	0			
BO SE	100	74 ± 1,53	26	15	94	>100	Assente
	50	78 ± 1,53	22	9			
	25	81 ± 1,00	19	6			
A3	100	32 ± 2,00	68	63	33,7	73,4	Media
	50	57 ± 1,15	43	34			
	25	76 ± 1,00	24	12			
A6	100	38 ± 2,00	62	56	36,2	83,8	Media
	50	60 ± 1,53	40	30			
	25	78 ± 1,53	22	10			
B3	100	60 ± 2,00	40	31	59,4	>100	Bassa
	50	72 ± 2,00	28	17			
	25	79 ± 0,58	21	9			
B6	100	53 ± 1,15	47	38	49,3	>100	Bassa
	50	69 ± 2,00	31	20			
	25	79 ± 1,15	21	9			
K1	100	54 ± 1,53	46	37	43,0	>100	Bassa
	50	64 ± 1,15	36	25			
	25	78 ± 1,15	22	10			
K2	100	48 ± 2,00	52	44	38,8	>100	Bassa
	50	62 ± 2,00	38	28			
	25	76 ± 1,53	22	10			
K3	100	31 ± 1,15	69	64	30,6	67,1	Media
	50	50 ± 1,53	50	42			
	25	77 ± 2,08	23	11			
K4	100	51 ± 2,08	49	41	44,6	>100	Bassa
	50	65 ± 1,15	35	24			
	25	79 ± 2,52	21	8			

2.2.4.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

I parametri (chimici e fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test effettuato nel 1° survey post lavori, sono riportati in Tab. 2-XXX, mentre in Tab. 2-XXXI sono indicate le mortalità degli organismi osservate.

Le percentuali di mortalità nella maggior parte dei sedimenti sono risultate inferiori e/o confrontabili al controllo. Solo nel sedimento K4 è risultata leggermente più elevata.

Risultati del saggio - In Tab. 2-XXXII sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nel bianco (tempo 0') e quelle rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati per 28 gg, mentre la Tab. 2-XXXIII 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').

I livelli di **Al, Ba, Cr, Cu, Fe, In, Pb, Si, V e Hg** sono risultati o al di sotto dei limiti di quantificazione, o inferiori o confrontabili al bianco. **As** ha presentato concentrazioni significativamente superiori a quella del bianco ovunque eccetto in K3 e A3, unico sito in cui è stato invece rilevato un bioaccumulo di **Cd e Zn** (entrambi bioaccumulati anche nel controllo negativo).

Tab. 2-XXX - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto nel 1° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,13	0	> 85	15 ± 1	35	8,17	0,5	> 85
BOSE		36	8,16	1			36	8,17	0,5	
A3		37	8,13	0			36	8,15	1	
A6		36	8,12	0			36	8,16	0,5	
B3		36	8,15	1			35	8,14	3	
B6		36	8,15	0,5			35	8,16	1	
K1		37	8,16	0			36	8,13	0,5	
K2		37	8,13	0,5			35	8,15	1	
K3		37	8,14	0			36	8,11	0,5	
K4		36	8,13	0			35	8,09	1	

Tab. 2-XXXI - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 1° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	21	29 ± 0,00
BO SE	21	38 ± 8,25
A3	21	29 ± 8,25
A6	21	38 ± 8,25
B3	21	33 ± 8,25
B6	21	19 ± 8,25
K1	21	38 ± 8,25
K2	21	24 ± 8,25
K3	21	24 ± 8,25
K4	21	48 ± 8,25

Tab. 2-XXXII - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 1° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente a Bonaccia NW. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi sottoposti per 28 gg a un sedimento di controllo. n.r. = non rilevabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Bianco	282	0,82	2,10	0,14	1,36	20,99	638,06	1,68	n.r.	0,79	525,93	n.r.	95,56	0,082
Controllo	n.r.	1,52	n.r.	0,17	n.r.	19,32	482,71	1,65	n.r.	0,66	111,48	n.r.	130,87	0,099
BO SE	n.r.	1,12	n.r.	0,11	n.r.	13,42	305,55	2,97	n.r.	0,54	152,85	n.r.	95,23	0,058
A3	n.r.	0,86	n.r.	0,18	n.r.	18,52	432,25	2,45	n.r.	0,62	172,39	n.r.	128,63	0,082
A6	n.r.	1,27	n.r.	0,13	n.r.	15,52	377,41	2,45	n.r.	0,72	144,10	n.r.	103,15	0,075
B3	n.r.	1,11	n.r.	0,14	n.r.	16,96	390,98	3,22	n.r.	0,65	126,40	n.r.	93,32	0,047
B6	n.r.	1,27	n.r.	0,13	n.r.	15,24	416,33	2,22	n.r.	0,62	130,21	n.r.	108,17	0,057
K1	n.r.	1,16	n.r.	0,13	n.r.	15,38	326,12	2,70	n.r.	0,48	107,89	n.r.	95,51	0,076
K2	n.r.	1,12	n.r.	0,14	n.r.	17,74	401,89	3,01	n.r.	0,69	145,71	n.r.	107,16	0,066
K3	n.r.	0,92	n.r.	0,13	n.r.	18,37	418,41	2,24	n.r.	0,61	144,35	n.r.	107,83	0,049
K4	n.r.	0,99	n.r.	0,12	n.r.	14,87	310,35	2,10	n.r.	0,59	149,78	n.r.	101,86	0,065

Tab. 2-XXXIII - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti al sedimento di controllo e ai sedimenti da testare e il bianco (0°). In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma. In grassetto sono evidenziati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. (bianco = organismi spurgati/non esposti ai sedimenti testati; controllo = organismi esposti al sedimento di controllo). n.c. = non calcolabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	n.c.	0,70	n.c.	0,03	n.c.	-1,67	-155,35	-0,04	n.c.	-0,13	-414,45	n.c.	35,31	0,017
BO SE	n.c.	0,30	n.c.	-0,04	n.c.	-7,57	-332,51	1,29	n.c.	-0,25	-373,08	n.c.	-0,33	-0,024
A3	n.c.	0,04	n.c.	0,04	n.c.	-2,47	-205,81	0,77	n.c.	-0,17	-353,54	n.c.	33,07	0,000
A6	n.c.	0,45	n.c.	-0,01	n.c.	-5,47	-260,65	0,77	n.c.	-0,07	-381,83	n.c.	7,59	-0,007
B3	n.c.	0,29	n.c.	0,00	n.c.	-4,03	-247,08	1,54	n.c.	-0,14	-399,53	n.c.	-2,24	-0,035
B6	n.c.	0,45	n.c.	-0,01	n.c.	-5,75	-221,73	0,54	n.c.	-0,17	-395,72	n.c.	12,61	-0,025
K1	n.c.	0,34	n.c.	-0,01	n.c.	-5,61	-311,94	1,02	n.c.	-0,31	-418,04	n.c.	-0,05	-0,006
K2	n.c.	0,30	n.c.	-0,00	n.c.	-3,25	-236,17	1,33	n.c.	-0,10	-380,22	n.c.	11,60	-0,016
K3	n.c.	0,10	n.c.	-0,01	n.c.	-2,62	-219,65	0,56	n.c.	-0,18	-381,58	n.c.	12,27	-0,033
K4	n.c.	0,17	n.c.	-0,02	n.c.	-6,12	-327,71	0,42	n.c.	-0,20	-376,15	n.c.	6,30	-0,017

Infine, Ni ha presentato concentrazioni significativamente superiori a quella del bianco in tutte le stazioni.

2.2.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

2.2.5.1 Densità (N) e Biomassa (P)

Nel 1° survey dopo i lavori di installazione il transetto A è apparso caratterizzato da due decrementi della densità nelle stazioni A4 ($20,33 \pm 6,17$ ind/0,095 m²) e BO SE ($17,00 \pm 4,04$ ind/0,095 m²; fig. 2.42). Altrove i valori sono apparsi simili e compresi tra $40,00 \pm 11,14$ ind/0,095 m² (A1) e $61,00 \pm 6,24$ ind/0,095 m² (BO NW). Lungo B, se si esclude BO SW dove è stato registrato il minimo assoluto ($14,67 \pm 2,85$ ind/0,095 m²) comunque confrontabile con B3 e con i controlli K1 ($20,33 \pm 4,33$ ind/0,095 m²) e K4 ($23,00 \pm 8,96$ ind/0,095 m²), l'indice è apparso abbastanza omogeneo essendo compreso tra $23,67 \pm 12,68$ (B3) e $47,33 \pm 14,33$ ind/0,095 m² (B7).

Tutti i siti campionati, ad eccezione di A3 e BO NW, sono risultati comparabili con almeno un sito di riferimento.

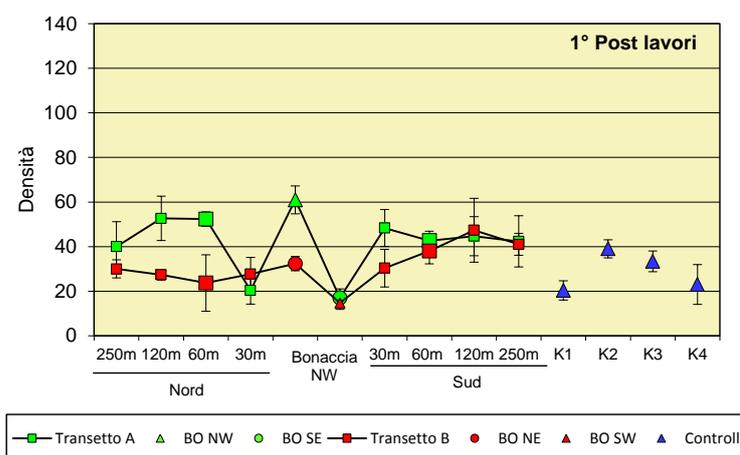


Fig. 2.42 – Densità (\pm e.s.) registrate presso i siti monitorati nel 1° survey post lavori.

I policheti della famiglia Paraonidae hanno rappresentato il taxon nettamente più numeroso ovunque. Altre specie abbondanti in una o più stazioni sono stati i policheti *O. cylindricaudata*, *Aphelochaeta filiformis* e *Paradiopatra calliopae* (Tab. 2-XXXIV).

Tutti i valori di biomassa (fig. 2.43; Tab. 2-XXXV), sono risultati piuttosto contenuti e omogenei tra loro eccetto in BO NE e B5 ($13,76 \pm 12,44$ e $5,71 \pm 3,96$ gr/0,095 m², rispettivamente), dove l'indice è risultato notevolmente più elevato rispetto agli altri siti a causa del rinvenimento in alcune repliche del crostaceo decapode *Liocarcinus depurator* (fig. 2.44). Anche la biomassa della stazione BO NW è risultata piuttosto elevata ($4,63 \pm 4,27$ gr/0,095 m²), ma confrontabile con gli altri siti a causa dell'elevato errore standard dovuto alla presenza in una replica del mollusco bivalve *Aequipecten opercularis*.

Tab. 2-XXXIV – Lista e densità (n. ind/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 1° survey post lavori. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. Lim = limicolo; Sab = sabulicolo; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Bioc. del Detritico infangato; Minut = minuticolo; Mixt = misticolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; SGCF = Bioc. delle Ghiaie Fini sotto l’influsso delle Correnti di Fondo; MO = indicatore della presenza di materia organica; SVMC = Bioc. delle Sabbie Infangate di Moda Calma.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Briozoi																									
	<i>Aetea truncata</i>					0,33																			
	Briozoa nd															0,33			0,33	0,33				0,33	
	<i>Schizoporella errata</i>																0,33								
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>					0,67	1,00	0,33			0,33		0,67		0,33	0,67	0,67	0,33					0,67		
	<i>Triticella flava</i>										0,33		0,33												
Cnidari																									
Antozoi	Actiniaria nd																							0,33	
	<i>Funiculina quadrangularis</i>																					0,33			0,33
Idrozoi	Hydroidea nd		0,33	0,33		0,33						0,33	0,33				0,33						0,33		
Crostacei																									
Anfipodi	<i>Acidostoma nodiferum</i>			0,33			0,33																		
	<i>Ampelisca diadema</i>				0,33																				
	<i>Corophium</i> sp								0,33	0,67		0,33													
	<i>Eriopisa elongata</i>			0,33																					
	<i>Eusirus longipes</i>													0,33											
	<i>Gammaropsis</i> sp																								
	<i>Orchomene grimaldii</i>			0,33			1,33										0,33								
	<i>Othomaera schmidii</i>		0,33								0,67														
	<i>Paraphoxus oculatus</i>					0,33																			
	<i>Phtisica marina</i>			0,33																					
	<i>Stenothoe</i> sp					0,33																			
Copepodi	Copepoda nd																								0,33
Cumacei	<i>Eudorella truncatula</i>																					0,33			
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	0,33		0,33							0,67	0,33	0,33							0,33	0,33	0,33		0,33	0,33
	<i>Anapagurus bicorniger</i>				0,33	0,67		0,33						0,67					0,33						
	<i>Anapagurus</i> sp			0,33	0,67			0,33																	
	<i>Athanas</i> sp																								
	<i>Callianassa subterranea</i>	Lim	2,67	3,33	0,67	3,33		2,33	0,67	1,67	0,67	0,67	0,33	0,67	2,00	1,00	0,33	0,33		1,00	0,67	0,67	2,33	1,00	0,33
	<i>Chlorotocus crassicomis</i>	VB			0,33																				
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,33	0,33	0,67		0,33		0,33		0,67	0,67	0,67		0,33	0,33	0,33	0,33		0,33				0,33	
	<i>Liocarcinus depurator</i>	VB														0,67									
	Paguridae nd																								
	<i>Processa</i> sp			0,67																					
	<i>Solenocera membranacea</i>	VB																							
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL		0,33		0,33		0,33									0,33	2,00	0,33						
Isopodi	Bopyridae nd					0,33																			
	<i>Gnathia</i> sp		0,33		0,67	0,33			0,33					0,67										0,33	0,33
Echinodermi																									
Oloturoidei	Holothuroidea nd			0,67	0,67	1,67	0,33		0,33		0,67	0,33	0,33	0,33	2,33	0,33	0,67	0,33							
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC									0,33	0,33													
Molluschi																									
Bivalvi	<i>Aequipecten opercularis</i>	DC						0,33																	
	<i>Anomia ephippium</i>	Lre						0,67																	
	<i>Cardiomya costellata</i>	DL						0,33																	
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd		0,33																					
	<i>Neopycnodonte cochlear</i>	Sd						0,33						0,67											

Tab. 2-XXXIV – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Molluschi																									
<i>Nucula nitidosa</i>	Lim											0,33													
<i>Nucula sulcata</i>	Lim																						0,33		
<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt				0,33																				
<i>Poromya granulata</i>	Mixt					0,33																			
<i>Scapharca demiri</i>	Mixt																	0,33							
<i>Talochlamys multistriata</i>	Mixt															0,33									
<i>Thyasira biplicata</i>	Lim									0,33												0,33			
<i>Thyasira succisa</i>	Lim										0,33										0,33				
<i>Timoclea ovata</i>	Lre			0,67															0,67		0,33			0,67	
<i>Bela brachystoma</i>	Lre																0,33	0,33							
<i>Hyalia vitrea</i>	VTC									0,67			0,33		0,33		0,33		0,33					0,33	0,33
<i>Odostomia</i> sp	-			0,33																					
<i>Turritella communis</i>	VTC		0,33																		0,33	0,33	1,33		
Nemertini																									
Nemertea nd	-	0,33	0,33	0,33		1,67		0,33	0,33		0,67	0,67						1,00		0,67	0,33	0,67	0,67	0,33	
Policheti																									
<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,33		0,33						0,33										0,67				0,33	
Ampharetidae nd	-	0,33	0,33		0,33	0,67	0,33		0,67	0,67				0,33	0,33	0,33		1,00	0,33	1,00	1,33	0,33	1,00		
<i>Amphicteis gunneri</i>	Lim							0,33			0,33														
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB						0,33				0,33							0,33	0,33			0,67	0,33	0,33	0,33
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	3,67	2,67	2,67	1,67	2,33	1,67	3,33	2,67	1,67	2,67	3,67	2,00	3,33	2,00	2,00	0,67	0,33	0,33	3,67	3,67	0,33	2,33	3,00	1,00
<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO		0,33	0,33	0,33	0,67		0,33	0,33		0,67									1,00	2,00			0,33	
<i>Aponuphis brementii</i>	Lim	0,33	0,33	0,67		0,33	0,67	0,67															1,00	0,33	
<i>Capitella capitata</i>	MO																				0,33				
Capitellidae nd	-		0,33			0,33			0,67		1,33	0,33							0,33	0,33		0,33	0,33		
Chaetopteridae nd	-										0,33									0,33					
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,33	0,33		0,33										0,33					0,33	0,33		0,33		
<i>Chirimia biceps</i>	MO					0,33																			
Cirratulidae nd	-		0,33			0,67		1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33		0,33			0,33	0,67	0,33				
<i>Ditrupe arietina</i>	MI					0,67		0,33										0,33			0,33				
<i>Dorvillea rudolphii</i>	HP																	0,33							
<i>Drilonereis filum</i>	Lim	0,33																	0,33					0,33	
<i>Eupanthalis kinbergi</i>	DE																				0,33				
<i>Filograna</i> sp	-						0,33											0,33							
<i>Glycera alba</i>	Lim					0,33															0,33				
<i>Glycera rouxii</i>	MO					1,67	0,33	1,00					0,33	0,67		1,00	0,33	0,67				1,00			
<i>Glycera</i> sp	-	0,67	2,00	0,67	1,00	2,67	2,00	2,33	2,33	0,33	0,33	0,67	0,67	0,67	0,33	1,00	0,67	2,00	1,00	1,67	1,00	1,33	1,67	0,67	
<i>Glycera tessellata</i>	Sd	0,33		0,33	1,00	0,33		0,33	0,33	0,33		0,33			0,33	0,67	0,33	0,67		0,33					
<i>Goniada maculata</i>	VTC										0,33					0,33									
<i>Hamothoe</i> sp	-					0,67										0,33							0,33		
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd													0,33											
<i>Labioleanira yhlani</i>	VTC								0,33										0,33	0,33					
<i>Lumbrineriopsis paradoxa</i>	Mixt			0,33																					
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,33	0,33				0,33								0,33	0,33	0,67			1,00				0,67	
<i>Macroclymene santanderensis</i>	Sab	0,33																							
Maldanidae nd	-	0,33		0,33											0,33					0,33					0,33

Tab. 2-XXXIV – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Policheti																									
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,33	1,67	1,00		0,67		0,67	1,00	0,67	0,33	1,67	2,00		0,67	1,00	1,00	1,33	0,67	1,00	1,00	1,33		1,00	1,33
<i>Melinna palmata</i>	Minut		0,33			1,00			0,33											0,33			0,67	0,33	
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	Sab	0,33																							
<i>Minuspio cirrifera</i>	MO	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	0,33	1,33	0,33	1,00				0,33	0,33	2,00				0,33					
<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC										0,33														
<i>Nephtys hystrix</i>	VTC	0,67	1,67	0,33	0,33			0,33		0,33	0,33	0,33	0,33		0,33		0,33		0,33	1,33	0,33	0,33	0,67	0,33	
Nereididae nd	-					0,33																			0,67
<i>Ninoe</i> sp	-		0,33		0,33			0,33	0,67						0,33	0,33				0,67	0,33				
<i>Notomastus aberans</i>	MO	1,33	2,33	0,67	0,33			1,67	1,33		0,33	0,67	2,67		0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	2,00		0,33	1,67	0,67	
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	3,33	1,00	0,67				1,00	3,00	5,00	1,00	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	2,33	1,67	5,33	0,67	4,00	1,67	0,33
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab	0,33				0,33		1,33	0,33	0,33	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33						0,33		0,33	
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC			0,67	0,33	2,33	1,00	0,67		0,33				0,33	0,33	0,67	0,33		0,67						
<i>Panthalis oerstedii</i>	VB									0,33															
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	2,00	3,00	3,67	0,33		0,67	4,00	2,67	3,67	1,00	1,33	3,00	2,33	1,67	1,00	0,67	0,67	5,33	4,00	3,33	1,33	3,33	2,00	1,00
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,33	1,67	1,33	0,67	1,00		1,00	1,33	1,33	1,00	0,33	0,67	0,67	0,33	0,33			0,33	0,67	1,33	1,00	0,33	0,67	1,00
Paraonidae nd	-	12,67	20,67	23,00	5,67	21,67	2,33	17,00	18,33	17,67	18,33	13,00	7,00	6,00	10,33	10,00	3,00	6,00	16,67	13,33	15,00	9,00	11,67	9,00	12,33
<i>Phyllodoce</i> sp	-				0,33	0,33																			
Pilargidae nd	-	0,67	3,33	1,67	0,67	1,00	0,33			0,67	0,33	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,67	1,33	0,67	0,33	1,33	0,67	
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab					0,33														0,33					
<i>Pista</i> sp	-																								
<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC		0,67	0,33	0,33	0,33					0,33									0,33					
<i>Prionospio ehlersi</i>	Mixt	0,33																							
<i>Prionospio</i> sp	-	0,67	0,33		0,33	0,67		1,33	0,33	0,33	1,33	0,33		1,00	0,33	0,67			1,00	0,33					0,33
Sabellidae nd	-		0,33	1,67	1,00	0,67		1,33	0,33	0,33			1,00	0,67	1,00				0,33	1,00					
<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim			0,33							0,33											0,33			
<i>Scoletoma</i> sp	-	0,33								0,33				0,33						0,33					0,33
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	0,33	0,33	0,33					0,33	1,33	2,67	0,33							0,67	0,67	1,33		0,67	0,67	
Sphaerodoridae nd	-														0,33										
Spionidae nd	-	1,33	0,33	1,00	1,00	2,67	2,33	2,67	0,33	0,33	0,67				0,33	3,33	1,00	1,33	0,33	0,33				0,33	0,33
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC			0,33																	0,33				
<i>Sthenelais boa</i>	Lim			0,33																					
Syllidae juv	-					0,33												0,67							
Terebellidae nd	-		0,33			0,33											0,33								0,33
<i>Trachytrypae jeffreysii</i>	VTC																								0,33
Poriferi																									
Porifera nd	-					0,33																			
Sipunculidi																									
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO							0,33	0,33	0,67								0,33	0,67						0,33
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	1,00	0,33	0,33																0,33			0,67		
<i>Sipuncula</i> nd	-	1,67	0,33	1,33	0,67	2,00	0,67		1,00	1,67	1,33	0,67	1,67	1,67	1,33	0,33	0,67	0,67		1,33	0,67	2,67	1,00	1,33	1,67
Densità totale		40,00	52,67	52,33	20,33	61,00	17,00	48,33	42,67	44,67	42,33	30,00	27,33	23,67	27,67	32,33	14,67	30,33	38,00	47,33	41,00	20,33	39,00	33,33	23,00
Totale complessivo		33	36	42	27	49	20	29	30	29	35	27	26	26	29	29	26	32	28	40	25	19	28	33	19

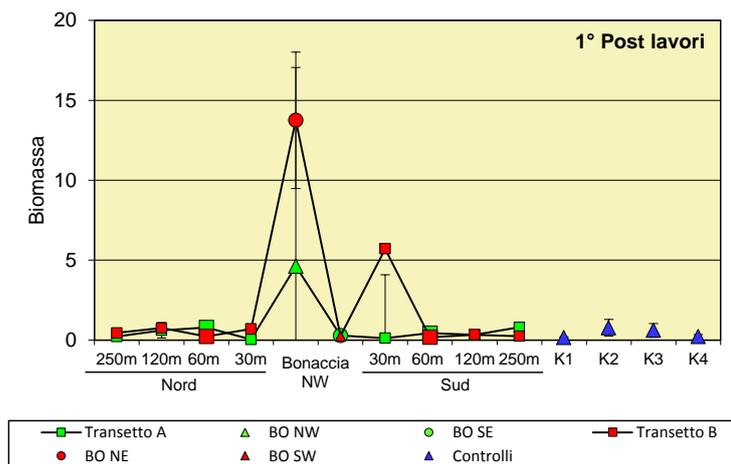


Fig. 2.43 – Biomassa (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nel 1° survey post lavori.



Fig. 2.44 – Esempio di *Liocarcinus depurator* rinvenuto in una replica prelevata del sito B5 nel 1° survey condotto dopo i lavori di installazione di Bonaccia NW.

Tab. 2-XXXV – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli										
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4					
Distanza dalla piattaforma (m)	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000					
<i>Glyceria</i> sp	*	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	*	0,001	0,001	*	*	*	0,002	0,001	0,001	*	0,001	*		*	*	*					
<i>Glyceria tessellata</i>	*		*	0,006	0,001		0,001	*	0,001	0,008					0,002	0,001			*										
<i>Goniada maculata</i>															0,006														
<i>Harmothoe</i> sp					0,001					0,302					0,003							0,001							
<i>Hydroides norvegicus</i>													*																
<i>Labidocera yfileri</i>								0,013										0,012	0,032										
<i>Lumbrineropsis paradoxa</i>	0,001	*	0,001				0,001									0,001	0,002			0,001			0,002						
<i>Lumbrineris gracilis</i>	0,002													0,001	0,001	0,002				0,001				0,002					
<i>Macroclymene santanderensis</i>	0,001																			*									
Maldanidae nd	0,001														0,035	0,125	0,058	0,080	0,204	0,001	0,104	0,105	0,012	*	0,051	0,010	0,127		
<i>Marphysa bellii</i>	0,004	0,121	0,116		0,182		0,054	0,040	0,038	0,037	0,116	0,185									*								
<i>Melinna palmata</i>	*	0,001			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Minuspio cirriferi</i>	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Nephtys hombergi</i>										0,002																			
<i>Nephtys hystrix</i>	0,011	0,022	0,005	0,003	*		0,001		0,007	*	0,039	0,002		*				0,001	0,008	0,009	0,001	0,010	0,021		0,001				
Nereididae nd																													
<i>Ninoo</i> sp		0,001		0,001	*		*	0,001	*	*	*	*	0,004	0,004	0,011	*	*	0,004	0,007	0,022	*	0,001	0,003	0,033	0,006	*	*		
<i>Notomastus aberans</i>	0,010	0,038	0,002	0,004	*		0,022	0,014	0,001	0,004	0,033									*	*	*	*	*	*	*	*		
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	0,001	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ophiotromus flexuosus</i>	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Owenia fusiformis</i>																													
<i>Panthalis oerstedii</i>										0,104																			
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,001	0,002	0,004	0,001	*		0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	*	*	0,003	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001		
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	0,002	0,001	0,001	*		0,001	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	0,001	0,002	*	*	*	*	*	*	*	
Paraoidea nd	0,002	0,003	0,003	0,001	0,003	*	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003		
<i>Phyllodoce</i> sp					0,011																								
Pilargidae nd	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>										0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Pista</i> sp																													
<i>Poecilochetus serpens</i>		*	0,001	0,001	0,001					*								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Prionospio ehlersi</i>	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Prionospio</i> sp	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Sabellidae nd																													
<i>Scalibregma inflatum</i>			0,001							0,002																			
<i>Scoletoma</i> sp	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	0,006	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Scoloplos armiger</i>										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Sphaerodoridae nd										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Spionidae nd	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiophanes bombyx</i>			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Sthenelais boa</i>			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Syllidae</i> juv			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Terebellidae nd																													
<i>Trachytrypa jeffreysii</i>					0,003						0,002																		
Poriferi																													
Porifera nd					*																								
Sipunculidi																													
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	0,001	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Onchinosoma steenstrupi</i>	0,018	*	0,004	0,002	0,008	*		0,003	0,001	*	0,001	0,006	0,009	0,009	0,004	0,009	0,006		0,002	*	0,004	0,001	*	*	*	*	0,032		
<i>Sipuncula</i> nd																													0,005
Biomassa totale	0,219	0,610	0,780	0,034	4,627	0,280	0,122	0,439	0,333	0,803	0,446	0,750	0,222	0,701	13,755	0,254	5,714	0,175	0,334	0,241	0,156	0,771	0,607	0,221					

2.2.5.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute

I taxa di fondo mobile sono risultati i più rappresentati in tutte le stazioni; in particolare, le specie limicole (Lim) sono apparse le più numerose ovunque, accanto a quelle indicatrici della materia organica nei sedimenti (MO) in A4 e BO NW (Tab. 2-XXXVIa). Gli MO hanno rappresentato il secondo gruppo biocenotico più rappresentato in termini di Ricchezza specifica, seguiti dagli organismi sabulicoli (Sab) e/o misticoli (Mixt), ove presenti.

In termini di densità (Tab. 2-XXXVIb) i Lim si sono confermati come il raggruppamento più abbondante ma, in questo caso, sono stati superati o eguagliati dagli MO in un numero maggiore di siti. Poco rilevanti i Sab e i Mixt, come tutte le altre categorie rinvenute.

Tab. 2-XXXVI – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nel 1° survey post lavori determinati a livello di specie suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 2-XXXIV.

a)

1° Post lavori	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)																								
Limicoli (Lim, VTC, VB)	12	12	15	5	6	5	8	7	10	15	9	10	4	9	6	9	8	8	14	7	10	10	14	7
Sabulicoli (Sab, SFBC)	4	1	2	1	3	2	2	1	2	2	1	2	3	2	3	2	2	1	2	1	1	2	2	1
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	1		2	2	5		1		1						1	1	2	1	1	2				
Fondi Mobili Instabili (MI)					1		1									1				1				
Minuticoli (Minut)		1			1			1											1			1		1
Indicatori di Materia Organica (MO)	4	5	5	5	6	3	6	5	3	4	3	3	3	4	4	2	5	4	5	4	3	4	5	2
Substrato duro (C, HP, Sd)	1	1	1	1	4	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1			1		
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1	1	4		1	1		1	1	1	1				1	2		2	1	1		1	2	

b)

1° Post lavori	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)																								
Limicoli (Lim, VTC, VB)	13,00	13,33	10,33	1,67	5,33	3,33	9,67	8,33	13,67	7,67	6,33	8,33	3,67	6,33	4,33	4,00	5,00	10,00	12,33	11,33	6,33	13,33	10,00	4,00
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1,33	0,33	1,00	0,33	3,00	1,33	2,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	1,00	1,33		1,00		1,33		0,33		1,00	
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	0,33		0,67	0,67	1,67		0,33		0,67						0,33	0,33	2,33	0,33	0,33	0,67				
Fondi Mobili Instabili (MI)					0,67		0,33									0,33				0,33				
Minuticoli (Minut)		0,33			1,00		0,33												0,33			0,67	0,33	
Indicatori di Materia Organica (MO)	5,67	8,00	6,00	3,33	7,00	2,33	8,67	6,00	4,00	4,67	4,67	5,00	4,33	3,67	5,33	1,00	5,00	4,00	8,33	7,00	1,00	5,67	5,33	1,67
Substrato duro (C, HP, Sd)	0,33	0,33	0,33	1,00	1,67	1,00	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	1,33	0,33	0,33	1,00	1,33	1,33	0,33	0,33			0,67		
Larga ripartizione ecologica (Lre)	0,33	0,33	1,67		0,67	0,33		0,33	1,33	2,67	0,33				0,33	0,67		1,33	0,67	1,33		0,67	1,33	

2.2.5.3 Dominanza

Per la rappresentazione grafica della dominanza sono stati messi in evidenza i 12 taxa che hanno costituito complessivamente circa il 71% delle comunità bentoniche rinvenute nel 1° survey post lavori, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 2.45).

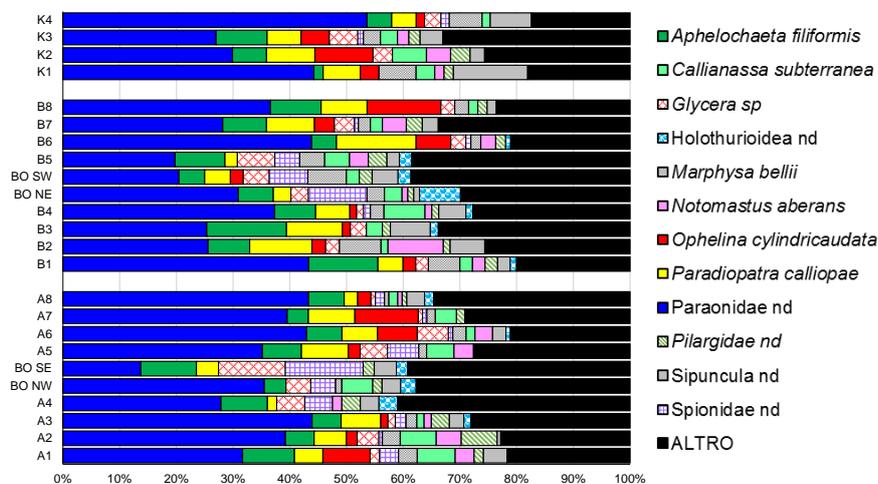


Fig. 2.45 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nel 1° survey post installazione.

I policheti paraonidi sono risultati dominanti in tutte le stazioni campionate, con percentuali comprese tra il 13,73% (BO SE, dove sono stati eguagliati da Spionidae nd) e il 53,62% (K4).

Altre specie particolarmente importanti in quasi tutte le stazioni sono risultate i policheti *A. filiformis*, *P. calliopa* e *O. cylindricaudata*, con valori massimi rispettivamente in B1 (12,22%), B6 (14,04%) e B8 (13,01%). Nelle stazioni poste entro 30 m dalla piattaforma

sono da segnalare i policheti spionidi e *Glicera* sp., quest'ultimo rinvenuto anche a distanze maggiori e in tre controlli ma con percentuali generalmente inferiori.

La categoria “altro” è risultata ben rappresentata ovunque, in particolar modo nelle stazioni adiacenti o prossime alla piattaforma, arrivando a costituire il 41% della comunità bentonica associata (A4).

L'elevata quantità di specie di secondaria importanza appare ben evidente anche dalle curve di dominanza cumulativa (fig. 2.46).

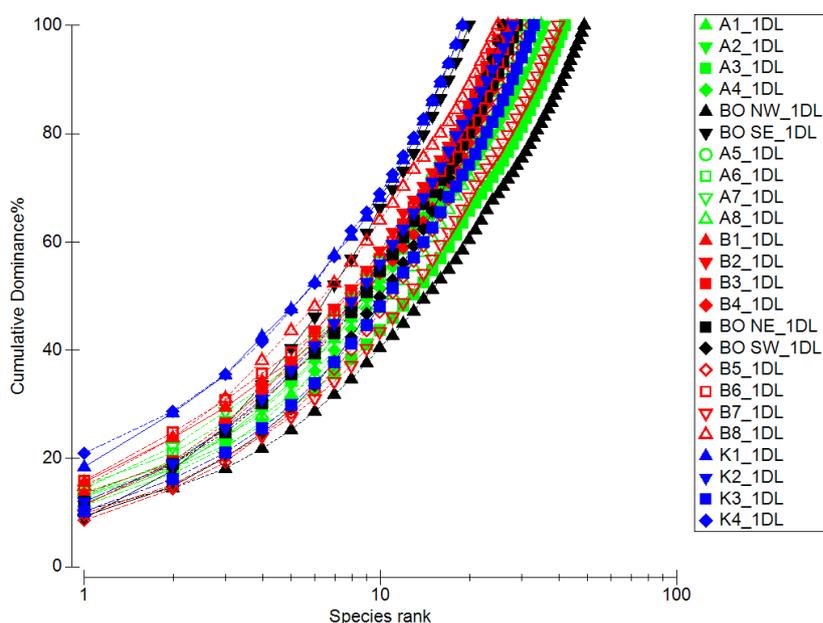


Fig. 2.46 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nel 1° survey post installazione.

2.2.5.4 Ricchezza specifica totale (S)

Nel 1° survey post lavori nell'area indagata sono stati rinvenuti complessivamente 124 taxa appartenenti soprattutto a policheti, crostacei e molluschi (Tab. 2-XXXVII).

Tab. 2-XXXVII – Ripartizione secondo il phylum di appartenenza e totale dei taxa rinvenuti nel 1° survey post installazione di Bonaccia NW.

Briozoi	5
Cnidari	3
Crostacei	27
Echinodermi	2
Molluschi	18
Nemertini	1
Policheti	64
Poriferi	1
Sipunculidi	3
Totale	124

Lungo il transetto A è avvenuto un aumento da A1 a BO NW (interrotto solo in A4), dove è stato raggiunto il massimo assoluto (49), seguito un drastico decremento in BO SE in cui è stato registrato il minimo assoluto di tutta l'area circostante la piattaforma (20; fig. 2.47). Nelle rimanenti stazioni del transetto S è oscillata tra 29 e 35. Lungo B il trend è apparso piuttosto stabile essendo caratterizzato da lievi oscillazioni ad eccezione delle stazioni B5 e B7 dove si è verificato un rimarchevole incremento di specie (32 e 40 rispettivamente). Ai controlli il range è risultato compreso tra 19 (K1 e K4), il valore più basso di tutta l'area investigata, e 33 (K3).

Il più alto numero di specie esclusive, ovvero censite in un unico sito, è stato raggiunto in BO NW (10, corrispondenti a più del 20% del popolamento rinvenuto in questa stazione). Nessuna specie esclusiva è stata registrata in BO SE, A5, A6, B1, B6 e B7 (Tab. 2-XXXIV).

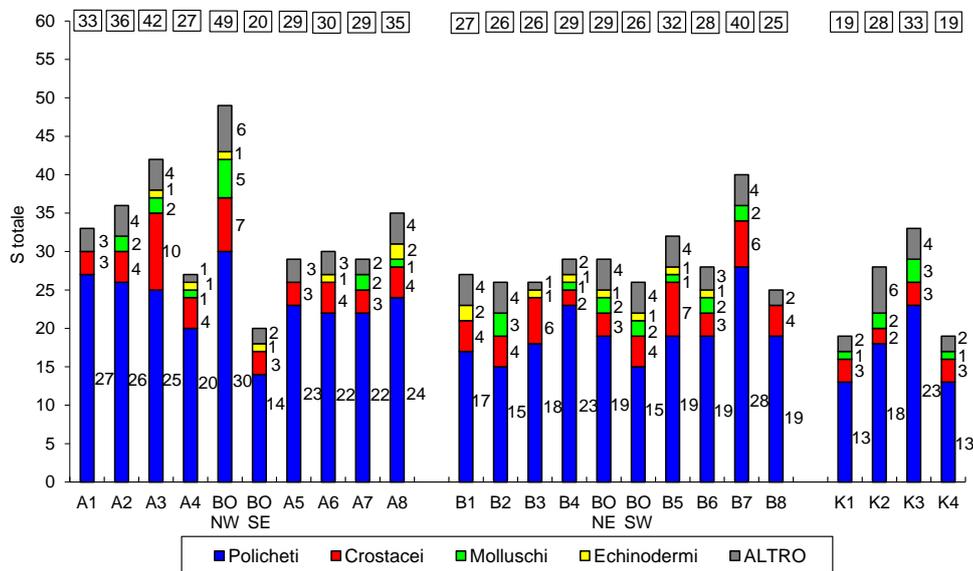


Fig. 2.47 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nel 1° survey post installazione. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

2.2.5.5 Ricchezza specifica media (S_m)

S_m ha presentato un trend simile a quelli ottenuti per la densità e la Ricchezza specifica totale (fig. 2.48). Minimo e massimo lungo il transetto A sono stati registrati rispettivamente in BO SE ($9,67 \pm 1,20$) e in BO NW ($21,00 \pm 1,15$), lungo B in BO SW ($11,33 \pm 2,03$) e in B7 ($20,33 \pm 3,48$). Ai controlli l'indice è oscillato tra $9,00 \pm 2,52$ (K1) e $17,33 \pm 0,67$ (K3) comprendendo pertanto tutti i valori dei transetti eccetto A3 e BO NW.

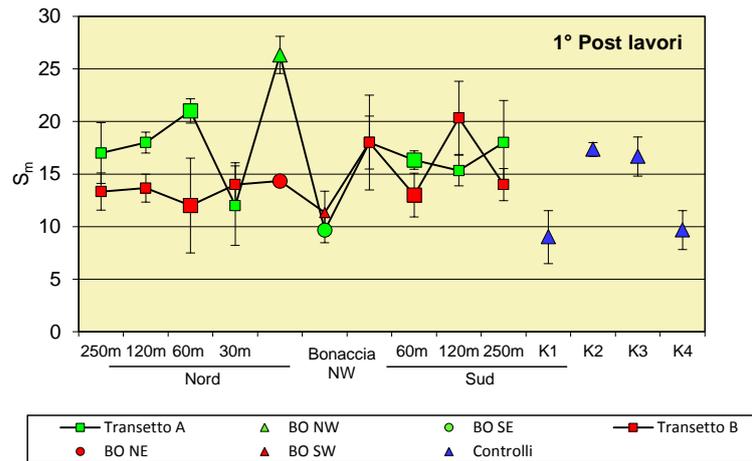


Fig. 2.48 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nel 1° survey post lavori.

2.2.5.6 Diversità specifica (H')

Anche gli andamenti di H' sono apparsi simili a quelli degli indici precedenti (fig. 2.49). Infatti, lungo A il valore massimo è stato ancora una volta registrato in BO NW ($2,63 \pm 0,18$) a causa sia della maggiore Ricchezza specifica, sia di un numero molto elevato di specie secondarie, mentre il minimo è stato nuovamente ottenuto in BO SE ($2,09 \pm 0,08$). Il trend del transetto B è apparso più lineare presentando solo un decremento degno di nota in B6, dove comunque il valore ($1,92 \pm 0,10$) è apparso in linea con quelli di B1, B3 e B8. Il range relativo ai controlli ($1,71 \pm 0,27 \leq H' \leq 2,50 \pm 0,13$) ha compreso tutti i valori dei transetti.

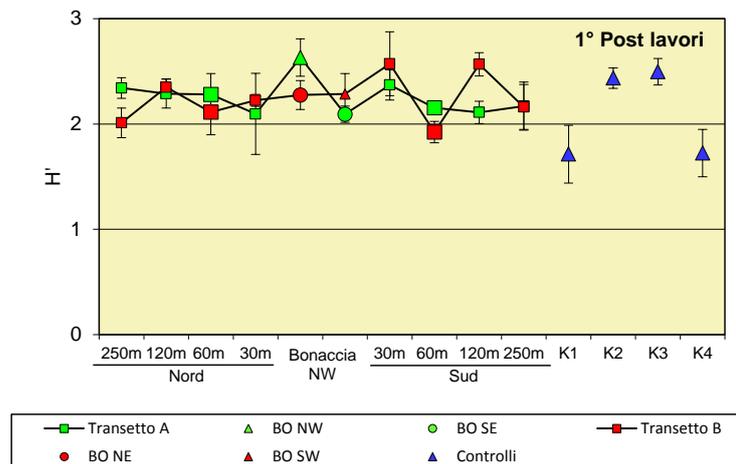


Fig. 2.49 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nel 1° survey post lavori.

2.2.5.7 MultiDimensional Scaling (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità dei singoli taxa campionati nell'inverno 2016 ha evidenziato, con una similarità del 48%, la presenza di un cluster

principale comprendente tutte le stazioni eccetto BO SE e BO SW, riunite in un cluster separato (fig. 2.50a). Tale isolamento è conseguenza delle basse densità (Tab. 2-XXXIV) e dei bassi quantitativi di alcuni taxa principali, quali *Paraonidae* nd o *P. calliopae* (figg. 2.50b e 2.50c) oltre che della presenza esclusiva di alcuni taxa, quali *Filograna* sp (fig. 2.50d).

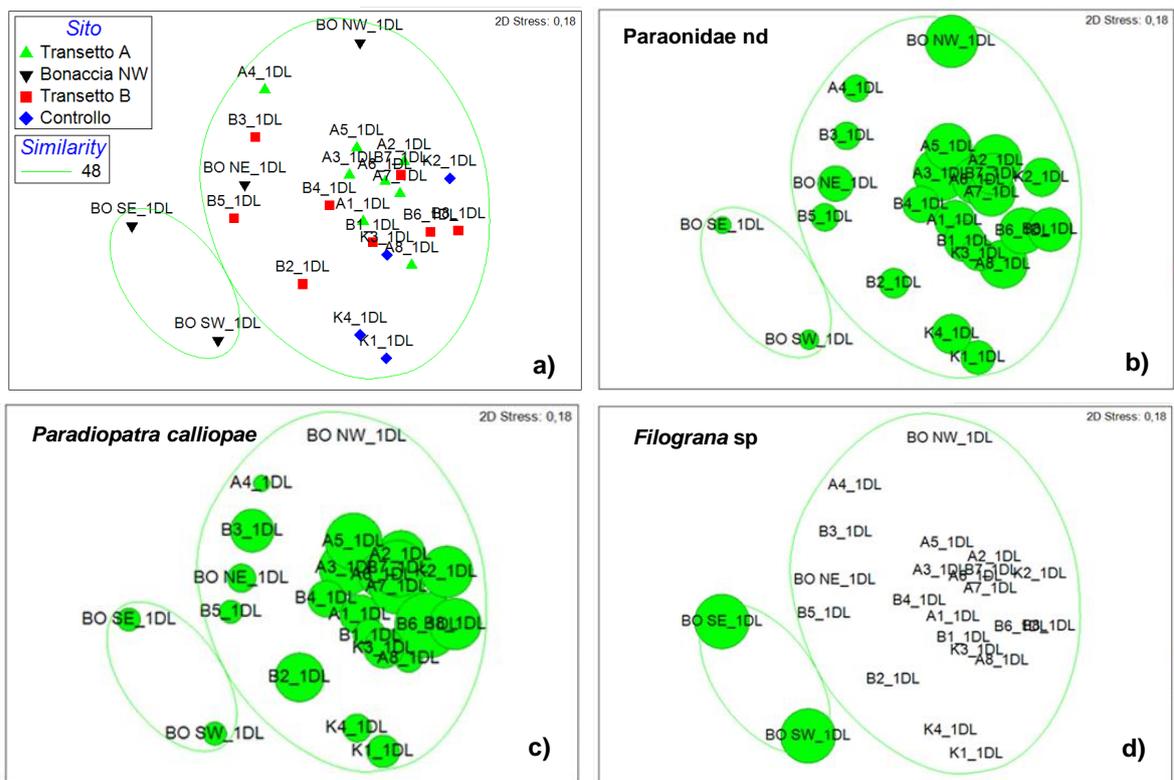


Fig. 2.50 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nel 1° survey post lavori tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

2.2.5.8 Valutazione dello stato ambientale

Indice W di Clarke

Nel 1° survey post lavori l'indice W di Clarke ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato in tutti i siti campionati nell'area intorno alla piattaforma e ai controlli, ad eccezione delle stazioni A1, A4 e A5 risultate moderatamente impattate (Tab. 2-XXXVIII).

Indice AMBI

L'indice AMBI (Tab. 2-XXXIX) ha evidenziato una situazione di leggero disturbo ovunque. In tutti i siti eccetto BO SW la maggior parte delle specie rinvenute appartiene al

Il gruppo ecologico (indifferenti all'arricchimento organico), seguite da quelle del I gruppo e/o dai taxa tolleranti a un eccessivo arricchimento organico (III gruppo).

Tab. 2-XXXVIII – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti nel 1° survey post lavori.

Stazione	W	Classificazione ambientale
A1	0,286	Moderatamente disturbato
A2	0,369	Leggermente disturbato
A3	0,398	Leggermente disturbato
A4	0,195	Moderatamente disturbato
BO NW	0,504	Leggermente disturbato
BO SE	0,466	Leggermente disturbato
A5	0,208	Moderatamente disturbato
A6	0,377	Leggermente disturbato
A7	0,344	Leggermente disturbato
A8	0,405	Leggermente disturbato
B1	0,395	Leggermente disturbato
B2	0,405	Leggermente disturbato
B3	0,411	Leggermente disturbato
B4	0,467	Leggermente disturbato
BO NE	0,586	Leggermente disturbato
BO SW	0,544	Leggermente disturbato
B5	0,567	Leggermente disturbato
B6	0,312	Leggermente disturbato
B7	0,417	Leggermente disturbato
B8	0,302	Leggermente disturbato
K1	0,343	Leggermente disturbato
K2	0,351	Leggermente disturbato
K3	0,439	Leggermente disturbato
K4	0,334	Leggermente disturbato

Tab. 2-XXXIX – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato nel 1° survey post lavori 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.

Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
A1	24,80	47,90	24,80	2,60	0	1,58	Leggermente disturbato
A2	20,50	56,40	18,60	3,80	0,60	1,62	Leggermente disturbato
A3	28,00	57,30	12,10	2,50	0	1,34	Leggermente disturbato
A4	27,60	51,70	15,50	5,20	0	1,47	Leggermente disturbato
BO NW	17,90	57,80	19,10	4,60	0,60	1,68	Leggermente disturbato
BO SE	24,00	48,00	26,00	2,00	0	1,59	Leggermente disturbato
A5	17,00	54,60	22,70	5,70	0	1,76	Leggermente disturbato
A6	20,80	58,40	15,20	4,00	1,60	1,61	Leggermente disturbato
A7	29,20	52,30	13,80	4,60	0	1,41	Leggermente disturbato
A8	17,20	54,90	22,10	2,50	3,30	1,80	Leggermente disturbato
B1	18,00	58,40	21,30	1,10	1,10	1,64	Leggermente disturbato
B2	35,40	44,30	19,00	1,30	0	1,29	Leggermente disturbato
B3	34,30	43,30	19,40	3,00	0	1,37	Leggermente disturbato
B4	23,50	54,30	17,30	2,50	2,50	1,59	Leggermente disturbato
BO NE	18,50	52,20	21,70	7,60	0	1,78	Leggermente disturbato
BO SW	40,90	38,60	15,90	4,50	0	1,26	Leggermente disturbato
B5	29,10	43,00	26,70	1,20	0	1,50	Leggermente disturbato
B6	32,70	54,50	10,90	0,90	0,90	1,24	Leggermente disturbato
B7	23,90	50,00	20,30	5,10	0,70	1,63	Leggermente disturbato
B8	28,00	49,20	15,30	6,80	0,80	1,55	Leggermente disturbato
K1	27,90	57,40	13,10	0	1,60	1,35	Leggermente disturbato
K2	30,40	46,10	21,70	0,90	0,90	1,44	Leggermente disturbato
K3	22,90	54,20	21,90	1,00	0	1,52	Leggermente disturbato
K4	16,90	72,30	10,80	0	0	1,41	Leggermente disturbato

Indice BENTIX

Il BENTIX (Tab. 2-XL) ha fornito risultati diversi e più negativi rispetto agli altri due indici, indicando come moderatamente disturbati la maggior parte dei siti posizionati lungo il transetto A, 4 del transetto B e un controllo. Altrove è stato evidenziato un disturbo lieve.

Tab. 2-XL – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale relativi al 1° survey post lavori.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
A1	3,60	Leggermente disturbato
A2	3,47	Moderatamente disturbato
A3	3,40	Moderatamente disturbato
A4	3,61	Leggermente disturbato
BO NW	3,46	Moderatamente disturbato
BO SE	4,12	Leggermente disturbato
A5	3,30	Moderatamente disturbato
A6	3,25	Moderatamente disturbato
A7	3,43	Moderatamente disturbato
A8	2,87	Moderatamente disturbato
B1	3,16	Moderatamente disturbato
B2	3,88	Leggermente disturbato
B3	3,75	Leggermente disturbato
B4	3,54	Leggermente disturbato
BO NE	3,27	Moderatamente disturbato
BO SW	4,36	Leggermente disturbato
B5	3,98	Leggermente disturbato
B6	3,47	Moderatamente disturbato
B7	3,55	Leggermente disturbato
B8	3,46	Moderatamente disturbato
K1	3,77	Leggermente disturbato
K2	3,86	Leggermente disturbato
K3	3,60	Leggermente disturbato
K4	3,16	Moderatamente disturbato

Stato ecologico

In Tab. 2-XLI è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici durante il 1° survey post lavori, che è risultato compreso tra il buono e il moderato lungo i transetti, con B migliore di A dato il maggior numero di siti con uno stato buono, e tra il buono e il buono/moderato ai controlli.

Tab. 2-XLI – Classificazione dello stato ecologico del 1° survey post lavori derivata dalla combinazione dei tre differenti indici.

	W	AMBI	BENTIX	
Stazione	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Stato ecologico
A1	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
A2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
A4	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
BO NW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
BO SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
A5	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
A7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
A8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
B1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
B2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
B4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
BO NE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
BO SW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
B5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
B6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
B7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
B8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
K2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
K3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
K4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato

2.2.6. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.2.6.1 Campionamenti di pesca

Ricchezza specifica (S) e Diversità specifica (H')

Nel 1° semestre 2016 sono state censite complessivamente 36 specie (27 pesci, 5 crostacei e 4 molluschi). Presso la piattaforma Bonaccia NW ne sono state catturate 27 di cui 21 pesci, 3 crostacei e 3 molluschi (Tab. 2-XLII). Nei siti di controllo sono state osservate 13 specie in C1 (9 pesci e 4 crostacei) e 17 in C2 (12 pesci, 2 molluschi e 3 crostacei; Tabb. 2-XLIII e 2-XLIV).

Esclusivamente nella zona circostante la piattaforma Bonaccia NW sono state catturate 15 specie di cui 2 molluschi NA (*Aequipecten opercularis* e *Illex coindetii*) e 13 specie ittiche. Di queste, 3 erano AT (*Mullus surmuletus*, *Scorpaena scrofa* e *Scorpaena porcus*), 4 PA (*Pagellus bogaraveo*, *Boops boops*, *Scomber scombrus* e *Trachurus trachurus*) e 6 NA (*Eutrigla gurnardus*, *Lophius piscatorius*, *Phycis blennoides*, *Torpedo marmorata*, *Trachinus draco* e *Merlangius merlangus*). I crostacei *Scyllarus arctus* (AT) e *Munida rugosa* (NA) e il pesce *Zeus faber* (PA) sono stati campionati esclusivamente in C1, mentre il mollusco NA *Cassidaria echinophora* e il pesce NA *Solea solea* sono stati rinvenuti esclusivamente in C2.

Tab. 2-XLII - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso la **piattaforma Bonaccia NW** da gennaio a giugno 2016.

	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Totale		
	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	
Crostacei															
<i>Nephtys norvegicus</i>	B	NA		3,06	0,11									3,06	0,11
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA					2,73	0,03						2,73	0,03
<i>Squilla mantis</i>	B	NA		3,06	0,13									3,06	0,13
Crostacei Totale				6,13	0,24			2,73	0,03					8,85	0,27
Molluschi															
<i>Aequipecten opercularis</i>	B	NA		18,38	0,17							3,71	0,04	22,09	0,22
<i>Eledone cirrhosa</i>	B	PA					2,73	0,73						2,73	0,73
<i>Illex coindetii</i>	P	NA				2,50	0,14							2,50	0,14
Molluschi Totale				18,38	0,17	2,50	0,14	2,73	0,73			3,71	0,04	27,32	1,08
Pesci															
<i>Mullus surmuletus</i>	B	AT	3,38	0,42										3,38	0,42
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT					2,50	0,04	2,73	0,10				5,23	0,14
<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT					2,50	0,56			2,53	0,67	3,71	0,12	8,74
<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT	3,38	3,11	3,06	1,03			2,73	2,50			3,71	4,19	12,88
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA			3,06	0,19								3,06	0,19
<i>Eutrigla gurnardus</i>	B	NA	3,38	0,07										3,38	0,07
<i>Lophius piscatorius</i>	B	NA										3,71	1,41	3,71	1,41
<i>Phycis blennoides</i>	B	NA	3,38	2,19						2,53	1,18			5,91	3,36
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA					5,00	5,85				3,71	1,57	8,71	7,42
<i>Trachinus draco</i>	B	NA						2,73	0,08					2,73	0,08
<i>Merlangius merlangus</i>	NB	NA					2,50	0,17						2,50	0,17
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	3,38	1,19	9,19	3,22	5,00	1,86			7,58	2,59		25,15	8,87
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA	84,51	6,91	45,96	3,93	10,00	0,42				3,71	0,34	144,18	11,60
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	6,76	0,22			7,50	0,21	16,36	0,44	5,05	0,12		35,68	0,98
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	70,99	1,03	42,89	0,64								113,88	1,67
<i>Boops boops</i>	P	PA	67,61	4,61	140,94	9,19	60,00	3,29	32,73	1,58	32,84	2,44	111,34	8,70	445,45
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA	6,76	1,64	67,40	10,92							3,71	0,81	77,88
<i>Scomber scombrus</i>	P	PA			9,19	1,52								9,19	1,52
<i>Spicara maena</i>	P	PA								7,58	0,26			7,58	0,26
<i>Trachurus mediterraneus</i>	P	PA	54,08	3,96	21,45	1,47								75,53	5,44
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA			266,55	14,93	62,50	3,91				44,54	2,33	373,59	21,17
Pesci Totale			307,61	25,35	609,70	47,05	157,50	16,31	57,27	4,71	58,11	7,25	178,14	19,45	1368,33
Totale complessivo			307,61	25,35	634,21	47,46	160,00	16,45	62,73	5,46	58,11	7,25	181,86	19,50	1404,51

Tab. 2-XLIII - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso il **controllo C1** da gennaio a giugno 2016.

	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Totale	
	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)
Crostacei														
<i>Scyllarus arctus</i> B AT							2,40	0,10					2,40	0,10
<i>Munida rugosa</i> B NA			2,55	0,06									2,55	0,06
<i>Nephrops norvegicus</i> B NA							2,40	0,17	2,18	0,33			4,58	0,50
<i>Parapenaeus longirostris</i> B NA	2,82	0,01									2,11	0,01	4,93	0,02
Crostacei Totale	2,82	0,01	2,55	0,06			4,80	0,26	2,18	0,33	2,11	0,01	14,46	0,67
Pesci														
<i>Scorpaena notata</i> B AT					2,47	0,09					2,11	0,04	4,58	0,13
<i>Lophius budegassa</i> B NA			2,55	1,01									2,55	1,01
<i>Mullus barbatus</i> B NA									2,18	0,17			2,18	0,17
<i>Scyllorhinus canicula</i> B NA			2,55	1,31			4,80	1,69					7,35	3,00
<i>Merluccius merluccius</i> NB NA	2,82	1,27			4,95	1,92			4,36	2,45			12,14	5,63
<i>Mustelus mustelus</i> NB NA	2,82	11,29											2,82	11,29
<i>Trisopterus minutus capelanus</i> NB PA			2,55	0,07									2,55	0,07
<i>Zeus faber</i> NB PA							2,40	0,05					2,40	0,05
<i>Engraulis encrasicolus</i> P NA	5,65	0,08											5,65	0,08
Pesci Totale	11,29	12,64	7,66	2,39	7,42	2,00	7,20	1,74	6,55	2,62	2,11	0,04	42,23	21,44
Totale complessivo	14,12	12,66	10,21	2,46	7,42	2,00	12,00	2,00	8,73	2,95	4,21	0,05	56,69	22,12

Tab. 2-XLIV - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso il **controllo C2** da gennaio a giugno 2016.

	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Totale	
	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)	N.Ind.	P(Kg)
Crostacei														
<i>Nephrops norvegicus</i> B NA	2,86	0,33											2,86	0,33
<i>Parapenaeus longirostris</i> B NA									5,71	0,06			5,71	0,06
<i>Squilla mantis</i> B NA			2,40	0,07	2,42	0,08							4,82	0,15
Crostacei Totale	2,86	0,33	2,40	0,07	2,42	0,08			5,71	0,06			13,40	0,53
Molluschi														
<i>Cassidaria echinophora</i> B NA									2,86	0,17			2,86	0,17
<i>Eledone cirrhosa</i> B PA					2,42	1,45							2,42	1,45
Molluschi Totale					2,42	1,45			2,86	0,17			5,28	1,62
Pesci														
<i>Scorpaena notata</i> B AT	2,86	0,10	2,40	0,11					2,86	0,17			8,11	0,38
<i>Citharus linguatula</i> B NA					2,42	0,16							2,42	0,16
<i>Lophius budegassa</i> B NA					2,42	0,40							2,42	0,40
<i>Mullus barbatus</i> B NA					4,85	0,21							4,85	0,21
<i>Scyllorhinus canicula</i> B NA	2,86	1,04	4,80	1,74			9,00	2,44	5,71	2,10			22,37	7,33
<i>Solea solea</i> B NA			2,40	0,31									2,40	0,31
<i>Merluccius merluccius</i> NB NA			4,80	1,69	2,42	0,97			5,71	2,44	5,00	0,95	17,94	6,06
<i>Mustelus mustelus</i> NB NA	8,57	15,53											8,57	15,53
<i>Trisopterus minutus capelanus</i> NB PA					2,42	0,06	6,00	0,15					8,42	0,21
<i>Engraulis encrasicolus</i> P NA	17,14	0,20											17,14	0,20
<i>Scomber japonicus</i> P PA											5,00	1,06	5,00	1,06
<i>Trachurus mediterraneus</i> P PA	2,86	0,17											2,86	0,17
Pesci Totale	34,29	17,04	14,40	3,86	14,55	1,81	15,00	2,60	14,29	4,71	10,00	2,01	102,52	32,01
Totale complessivo	37,14	17,36	16,80	3,92	19,39	3,35	15,00	2,60	22,86	4,93	10,00	2,01	121,19	34,17

La Ricchezza specifica media relativa all'intero periodo è risultata significativamente superiore in piattaforma rispetto ai due controlli (Tabb. 2-XLV e 2-XLVI). In effetti, presso Bonaccia NW si sono evidenziati valori più elevati durante tutto il periodo d'indagine rispetto ai controlli (fig. 2.51). L'andamento ha presentato un massimo assoluto nel mese di febbraio (13) e un decremento continuo fino al mese di maggio (6) quando è stato raggiunto il minimo per la piattaforma, seguito da una ripresa. In C1 S è oscillata tra 2 e 4 in tutto il periodo, mentre in C2 il range è apparso più ampio, essendo compreso tra 2 e 7, massimo registrato a marzo.

Tab. 2-XLV – Valori medi (\pm e.s.) ottenuti per i vari indici nel periodo gennaio - giugno 2016 presso la piattaforma Bonaccia NW e le due aree di controllo. N = n. ind/500m/12h; P = kg/500m/12h.

	Bonaccia NW	C1	C2
S	9,33 \pm 1,05	3,17 \pm 0,40	4,50 \pm 0,85
N	234,08 \pm 88,33	9,45 \pm 1,43	20,20 \pm 3,82
P	20,24 \pm 6,24	3,69 \pm 1,84	5,69 \pm 2,37
H'	0,65 \pm 0,04	0,46 \pm 0,06	0,57 \pm 0,09

Tab. 2-XLVI – Risultati del t-test applicato ai valori di Ricchezza specifica (S), diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P).

S	Bonaccia NW	C2
C1	0.001**	0.197
C2	0.005**	
H'	Bonaccia NW	C2
C1	0.033*	0.366
C2	0.455	
N	Bonaccia NW	C2
C1	1.229e-05**	0.037*
C2	1.229e-05**	
P	Bonaccia NW	C2
C1	0.002**	0.519
C2	0.069	

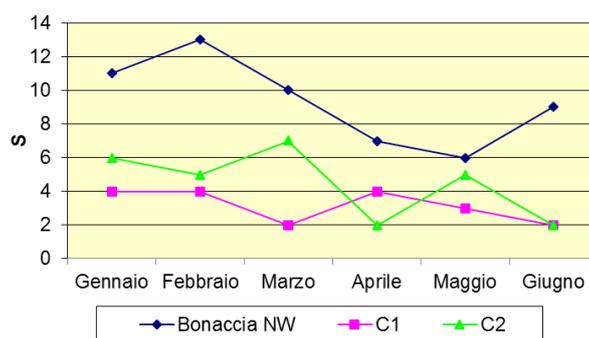


Fig. 2.51 - Ricchezza specifica ottenuta per la piattaforma Bonaccia NW e per i due siti di controllo da gennaio a giugno 2016.

Per la Diversità specifica (H') media è stata rilevata una differenza significativa solo tra piattaforma e C1 (Tabb. 2-XLV e 2-XLVI).

L'andamento presso la piattaforma è stato decrescente per tutto il periodo, presentando il massimo a gennaio (0,76) e il minimo a giugno (0,52; fig. 2.52). Nei controlli i trend sono risultati uguali a quelli della Ricchezza specifica, con valori compresi tra 0,28 (marzo) e 0,60 (febbraio) in C1 e tra 0,29 (aprile) e 0,83 (marzo) in C2.

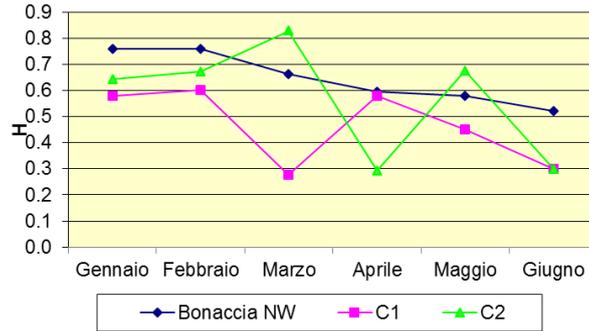


Fig. 2.52 - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma Bonaccia NW e per i due siti di controllo da gennaio a giugno 2016.

Rendimenti di pesca e composizione delle catture

I rendimenti di pesca medi calcolati sull'intero semestre sono risultati significativamente superiori nel sito di estrazione rispetto a C1 sia in termini numerici che ponderali e rispetto a C2 in numero (Tabb. 2-LXV e 2-LXVI). In numero è stata rilevata anche una differenza significativa tra i due controlli, essenzialmente determinata dalle elevate catture di *Scyliorhinus canicula*, *Merluccius merluccius* e *Engraulis encrasicolus* in C2 (Tabb. 2-XLIII e 2-XLIV).

Bonaccia NW è stata caratterizzata da consistenti catture di *Pagellus bogaraveo*, *Boops boops* e *Trachurus trachurus* (Tab. 2-XLII). I trend sia in numero che in peso sono apparsi identici, con un consistente incremento a febbraio quando sono stati raggiunti i massimi assoluti (634,21 ind./500m/12h e 47,46 Kg/500m/12h) seguito da una riduzione sino a maggio in numero (58,11 ind./500m/12h), e ad aprile in peso (5,46 Kg/500m/12h) e da un aumento a fine periodo (fig. 2.53).

In termini numerici i valori registrati presso i siti di riferimento sono risultati sempre inferiori a quelli della piattaforma e i trend sono apparsi simili tra di loro; le maggiori differenze si sono riscontrate a gennaio (C2: 37,14 ind./500m/12h; C1: 14,12 ind./500m/12h), marzo (C2: 19,39 ind./500m/12h; C1: 7,42 ind./500m/12h) e maggio (C2: 22,86 ind./500m/12h; C1: 8,73 ind./500m/12h).

Dal punto di vista ponderale gli andamenti dei due controlli sono risultati simili, con i valori maggiori a gennaio (C1: 12,66 Kg/500m/12h; C2: 17,36 Kg/500m/12h), soprattutto a causa del contributo di *Mustelus mustelus* (Tabb. 2-XLIII e 2-XLIV e fig. 2.54). I minimi per entrambi i siti sono stati registrati a giugno (C1: 0,05 Kg/500m/12h; C2: 2,01 Kg/500m/12h).

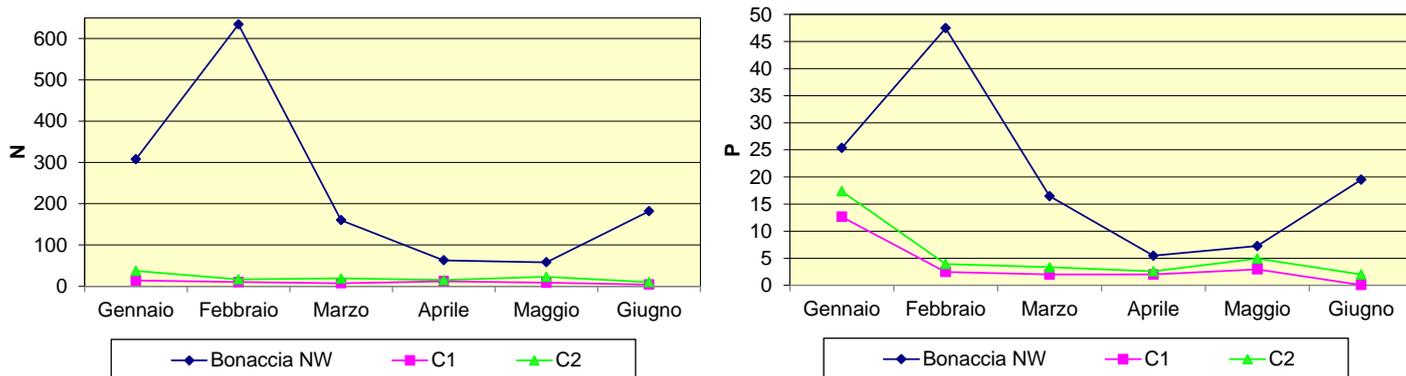


Fig. 2.53 - Rendimenti di pesca in termini numerici (N; n. ind/500m/12h) e ponderali (kg/500m/12h) registrati presso Bonaccia NW e nelle zone di controllo da gennaio a giugno 2016.



Fig. 2.54 - Esemplici di *M. mustelus* catturati presso i due controlli nel gennaio 2016.

I pesci hanno costituito la frazione dominante (l'unica in C1) delle catture sia in termini numerici che ponderali (fig. 2.55).

Pesci bentonici - In totale sono state censite 14 specie ittiche appartenenti a questo gruppo, di cui 10 nelle vicinanze della piattaforma, 4 in C1 e 6 in C2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV). Presso il sito di estrazione le specie bentoniche sono risultate il terzo gruppo in ordine d'importanza in numero (4,1%) e il secondo in peso (20,8%), soprattutto per il contributo di *Scorpaena scrofa* e *Torpedo marmorata*. In C1 i pesci bentonici sono risultati secondi sia in numero (29,4%) che in peso (19,5%) con *Scyliorhinus canicula* come specie più rappresentativa. Questa ha anche determinato l'importanza dei bentonici in C2,

rappresentanti il primo gruppo in numero (35,1%) e il secondo in peso (25,7%).

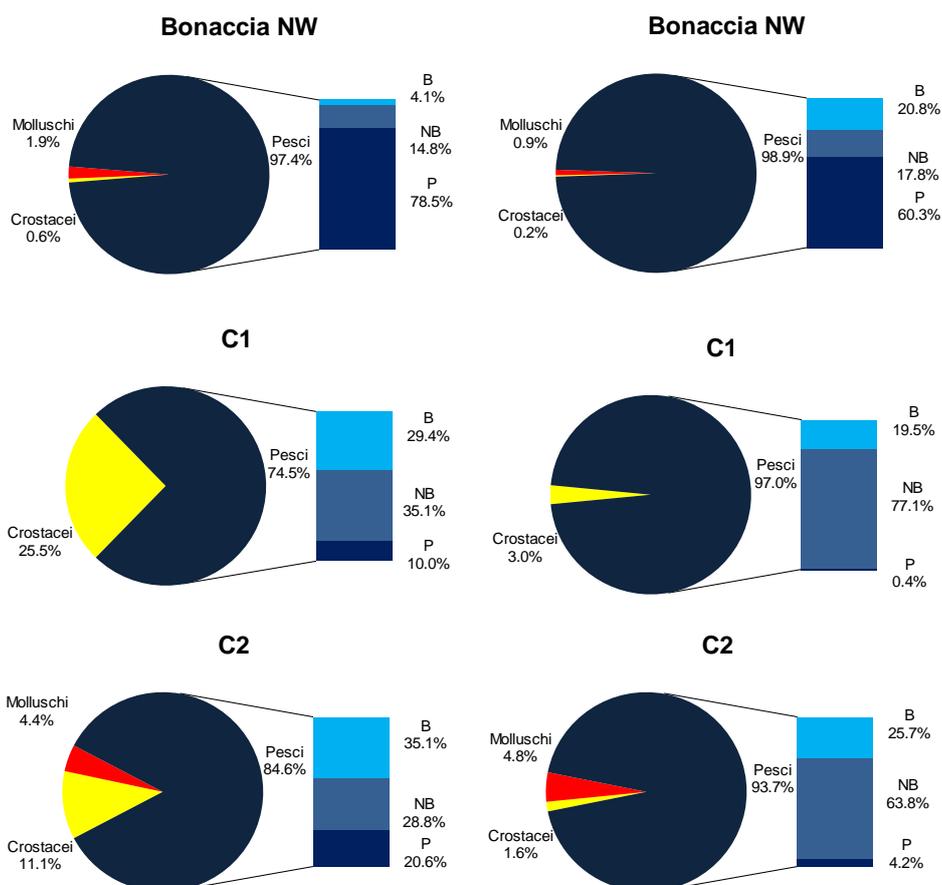


Fig. 2.55 - Composizione percentuale delle catture in numero (sinistra) e in peso (destra) tra gennaio e giugno 2016 presso Bonaccia NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 6 specie necto-bentoniche, 4 rilevate presso Bonaccia NW, 4 in C1 e 3 in C2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV). Nei pressi della piattaforma questo gruppo è stato rappresentato soprattutto da *Pegellus bogaraveo* ed è risultato secondo in ordine d'importanza numerica (14,8%) ma il terzo in termini ponderali (17,8%). In C1 la frazione dei pesci necto-bentonici è stata la meglio rappresentata sia numericamente che ponderalmente (35,1%, e 77,1% rispettivamente), presso C2 la seconda in termini numerici e la prima in termini ponderali (28,8% e 63,8% rispettivamente), grazie alle catture di specie di discrete dimensioni come *M. mustelus* e *Merluccius merluccius*.

Pesci pelagici - Sono state censite in totale 7 specie, tutte catturate in piattaforma, 1 in C1 e 3 in C2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV).

I pelagici presso Bonaccia NW hanno rappresentato il gruppo più importante sia in termini numerici (78,5%) che ponderali (60,3%) per la cattura durante tutto il periodo di *B. boops* e le elevate quantità di *Trachurus trachurus*. Nei controlli, invece, i pelagici hanno costituito

il gruppo meno rilevante sia dal punto di vista numerico (C1: 10%; C2: 20,6%) che ponderale (C1:0,4%; C2: 4,2%), per la presenza di pochi individui di questa categoria appartenenti soprattutto a *Engraulis encrasicolus*, una specie di piccole dimensioni.

Crostacei – Per questa classe sono state censite 5 specie, 3 in piattaforma, 4 in C1 e 3 in C2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV). Questo gruppo è apparso il meno rappresentato presso Bonaccia NW sia in numero (0,6%) che in peso (0,2%), mentre nei siti di riferimento ha assunto una discreta importanza in numero.

Molluschi – Per questo Phylum sono state censite 4 specie, 3 nei pressi di Bonaccia NW e due in C2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV). Due taxa (*A. opercularis* e *I. coindetii*) sono stati esclusivi della piattaforma e uno (*C. echinophora*) di C2. I molluschi sono stati più rappresentativi presso C2 (numericamente 4,4%; ponderalmente 4,8%) rispetto al sito di estrazione la piattaforma (1,9% e 0,9% rispettivamente in numero e in peso).

Affinità delle specie catturate con i substrati duri

L'analisi della composizione delle catture effettuate in piattaforma secondo il grado di affinità delle specie verso i substrati ha evidenziato un'elevata presenza di specie ittiche pelagiche PA, sia numericamente che dal punto di vista ponderale principalmente per le catture di *B. boop* e *T. trachurus* (fig. 2.56), seguite dai necto-bentonici PA (*P. bogaraveo*), accanto ai necto-bentonici NA e bentonici AT (*M. surmuletus*, *Scorpaena notata*, *S. porcus* e *S. scrofa*) in peso. Decisamente meno importanti sono risultati i crostacei, tutti bentonici NA, e i molluschi di cui due bentonici (uno NA e uno PA) e uno pelagico NA.

Presso C1 tutti i gruppi censiti sono apparsi comparabili dal punto di vista numerico (eccetto i crostacei NA con i crostacei e pesci AT e con i pesci bentonici PA). In peso, invece, il valore maggiore è stato ottenuto per i pesci necto-bentonici NA, principalmente rappresentati da *M. mustelus*, comunque confrontabili con i bentonici NA a causa dell'elevata variabilità. Tutti gli altri gruppi rinvenuti sono risultati irrilevanti.

In C2 le catture sono state caratterizzate prevalentemente da specie ittiche NA sia in numero che in peso. In termini numerici anche la specie bentonica AT *S. notata* e le necto-bentoniche e pelagiche PA sono apparse ben rappresentate, analogamente ai crostacei NA.

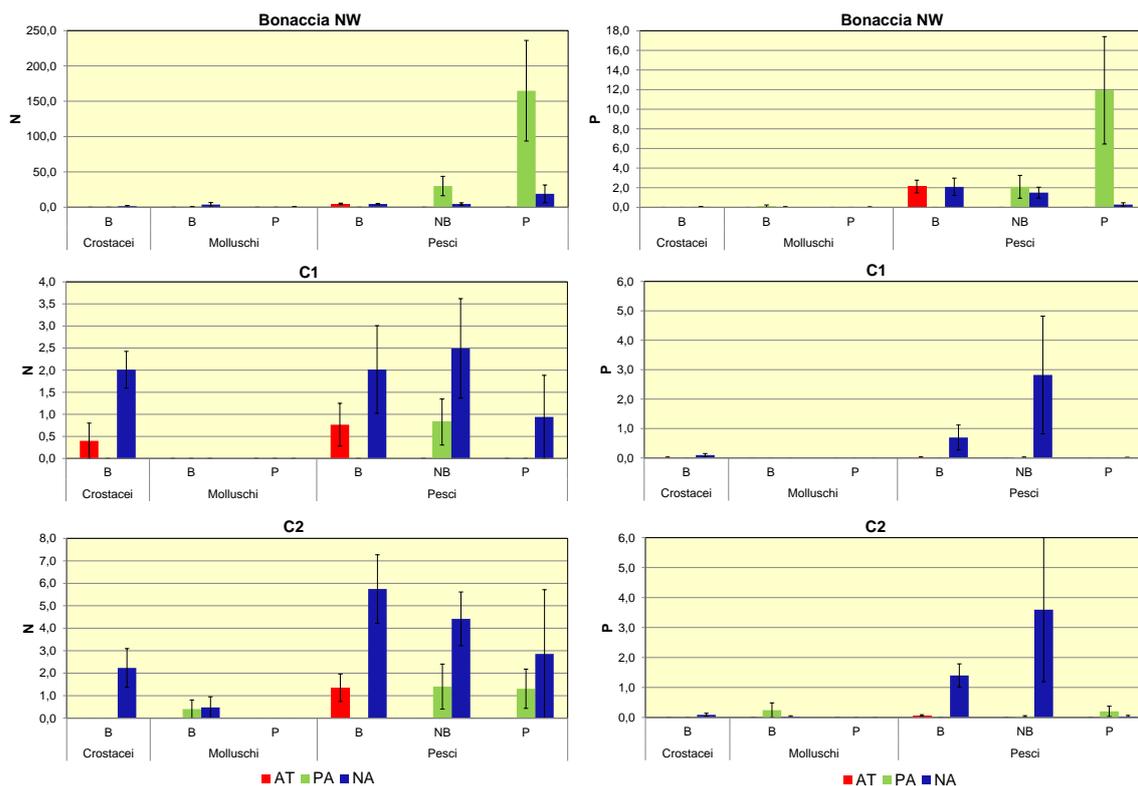


Fig. 2.56 - Numero (n. ind./500m/12h) e peso (kg/500m/12h) medi (\pm e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) ottenuti nelle catture effettuate nel periodo gennaio - giugno 2016 nei tre siti. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

2.2.6.2 Investigazioni acustiche

Nel **gennaio** 2016 sono stati rilevati 4 banchi di pesce (fig. 2.57) di cui due banchi entro i 300 m da Bonaccia NW; il banco n. 2 è risultato il più vicino in quanto distante dalla struttura 16,8 m (Tab. 2-XLVII).

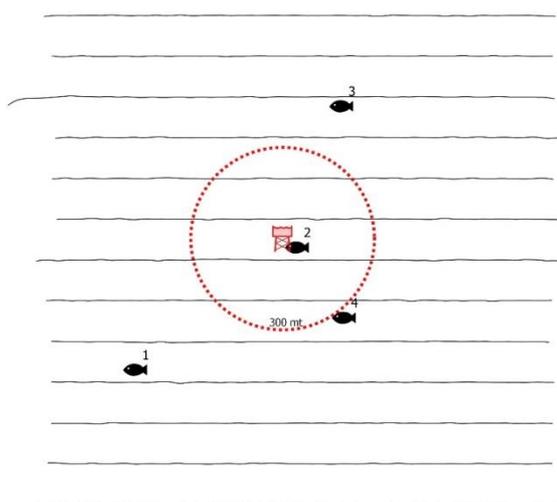


Fig. 2.57 - Schema planare della posizione dell'aggregazione di pesce individuata durante il campionamento condotto nel gennaio 2016. Figura non in scala.

Tab. 2-XLVII – Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW del banco di pesce individuato durante il campionamento condotto nel gennaio 2016; sono evidenziati i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	646,9
2	16,8
3	502,9
4	272,0

Lo stesso banco ha mostrato caratteristiche dimensionali maggiori per quanto riguarda superficie, volume, lunghezza NS e lunghezza EW (Tab. 2-XLVIII). Le profondità rilevate ricoprono un range di 5 m dal fondale (da 84,461 m, banco n. 4, a 86,020 m, banco n. 1). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 2-XLIX.

Tab. 2-XLVIII - Caratteristiche metriche del banco di pesce individuato durante il campionamento condotto nel gennaio 2016. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume; sono evidenziati i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	188,664	5,610	9,723	85,133	86,815	1,682	22,048	43°35,788'	14°19,777'	86,020	8,557	0	0
2	623,385	18,971	22,205	83,740	87,452	3,712	62,135	43°36,007'	14°20,167'	85,922	10,033	0	0
3	145,496	8,766	9,657	86,124	87,256	1,132	11,765	43°36,259'	14°20,273'	86,383	12,367	0	0
4	103,496	6,139	7,824	83,793	84,982	1,189	10,180	43°35,883'	14°20,283'	84,461	10,167	0	0

Tab. 2-LXIX - Variabili acustiche relative al banco di pesce individuato durante il campionamento condotto nel gennaio 2016; evidenziati i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-49,674	254,000	6,000	67,000	-53,850	-43,834	0,108
2	-49,592	877,000	27,000	385,000	-53,881	-42,342	0,110
3	-51,302	133,000	10,000	77,000	-53,862	-46,840	0,074
4	-50,036	125,000	7,000	51,000	-53,749	-44,241	0,099

*Sv = Volume backscattering strength

Nel mese di **febbraio** è stato regolarmente eseguito il survey ma non sono state rilevate aggregazioni.

A **marzo** sono stati individuati 6 banchi di pesce di cui 2 all'interno del raggio di 300 m da Bonaccia NW (fig. 2.58): il più vicino è stato il n. 2 a 75,4 m e il più lontano il n. 5 a 1042,3 m (Tab. 2-L).

I valori delle mediane individuano caratteristiche dimensionali maggiori per i banchi prossimi a Bonaccia NW rispetto le aggregazioni lontane (fig. 3.59), ad eccezione del box plot relativo alla lunghezza NS che rivela un numero maggiore per le aggregazioni lontane (7,93 m contro i 6,60 m per i banchi vicini). Il banco maggiore è stato il n. 2 per volume,

superficie, lunghezza NS, lunghezza EW e altezza (Tab. 2-LI). La posizione delle aggregazioni lungo la colonna d'acqua è risultata molto varia; infatti, le profondità dei centri geometrici dei banchi sono oscillate tra 39,155 m (banco n. 2) e 83,172 m (banco n. 3).

Le variabili acustiche dei banchi sono descritte in Tab. 2-LII.

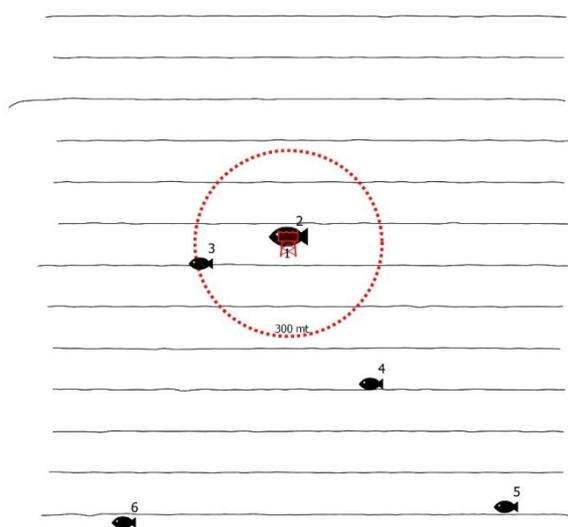


Fig. 2.58 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel marzo 2016. Figura non in scala.

Tab. 2-L - Distanza (m) dalla struttura Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel marzo 2016; sono evidenziati i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	77,4
2	75,4
3	317,8
4	469,4
5	1042,3
6	1026,8

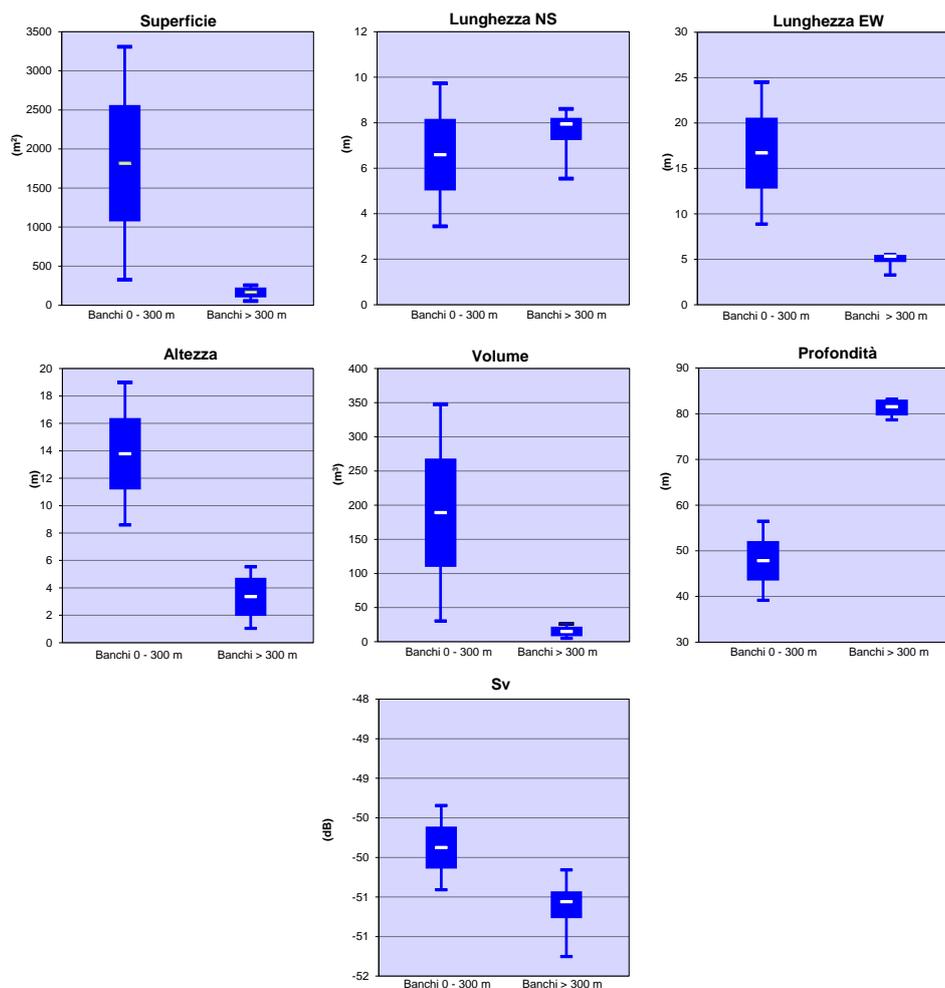


Fig. 2.58 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel marzo 2016. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. Sv = Volume backscatter strength.

Tab. 2-LI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel marzo 2016. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume; i banchi individuati entro i 300 m dalla piattaforma sono evidenziati in verde.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	327,580	3,450	8,881	51,924	60,509	8,585	30,336	43°36,034'	14°20,127'	56,471	10,500	0	0
2	3307,350	9,741	24,501	28,948	47,933	18,985	347,604	43°36,036'	14°20,133'	39,155	9,515	0	0
3	54,275	8,616	3,271	82,565	83,611	1,046	4,923	43°35,987'	14°19,924'	83,172	11,026	0	0
4	254,398	8,078	5,488	80,228	84,691	4,463	26,412	43°35,779'	14°20,332'	83,074	9,674	0	0
5	113,834	5,550	5,194	78,755	81,005	2,250	9,179	43°35,567'	14°20,655'	79,958	12,402	0	0
6	217,167	7,800	5,493	76,363	81,894	5,531	20,692	43°35,534'	14°19,746'	78,658	10,495	0	0

Tab. 2-LII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento di marzo 2016; i banchi individuati entro i 300 m da Bonaccia NW sono evidenziati in verde.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-50,202	126	6	40	-53,655	-45,645	0,095
2	-50,293	158	6	40	-53,645	-45,099	0,093
3	-50,767	961	10	173	-53,994	-43,446	0,084
4	-50,390	112	5	33	-53,645	-44,645	0,091
5	-48,035	807	12	120	-53,994	-40,051	0,157
6	-52,499	27	3	12	-53,655	-49,636	0,056

In **aprile** sono stati individuati 6 banchi (fig. 2.60), 2 dei quali rilevati entro i 300 m da Bonaccia NW. L'associazione più prossima alla piattaforma è stata la n. 6, rinvenuta a 161,3 m (Tab. 2-LIII).

Il banco n. 1 ha presentato le dimensioni maggiori per superficie, volume, lunghezza NS, lunghezza EW e altezza (Tab. 2-LIV): in generale le caratteristiche metriche dei banchi distanti si sono rivelate nettamente superiori rispetto quelle dell'altro gruppo considerato (fig. 2.61).

Per quanto concerne la profondità, tutti i centri geometrici delle associazioni sono stati rilevati entro i primi 5 m dal fondo (Tab. 2-LIV): il più profondo è stato il banco n. 6 (87,896 m), il più superficiale il n. 1 (82,272 m). Nella Tab. 2-LV sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

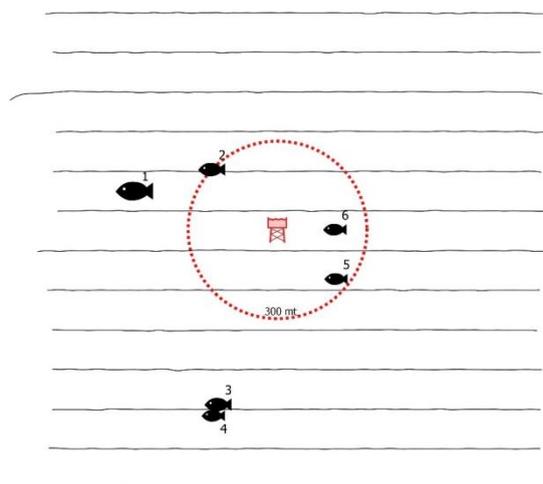


Fig. 2.60 - Schema planare della posizione delle aggregazione di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'**aprile** 2016. Figura non in scala.

Tab. 2-LXXX - Distanza (m) dalla struttura Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di **aprile** 2016. In verde le aggregazioni entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	543,1
2	356,3
3	596,1
4	637,5
5	201,2
6	161,3

Tab. 2-LXXXI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nell'aprile 2016. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	2727,378	31,078	15,482	79,178	85,741	6,563	329,750	43°36,092'	14°19,776'	82,272	8,271	0	0
2	746,018	8,431	12,018	82,022	86,646	4,624	80,065	43°36,132'	14°19,967'	85,133	9,318	0	0
3	884,521	10,832	12,324	80,341	84,437	4,096	135,532	43°35,703'	14°19,988'	82,371	6,460	0	0
4	93,339	5,796	7,364	85,810	87,389	1,579	10,047	43°35,683'	14°19,976'	86,615	9,290	0	0
5	108,717	3,395	6,498	85,016	86,417	1,401	11,786	43°35,934'	14°20,279'	85,249	9,365	0	0
6	74,296	5,465	5,968	86,536	87,842	1,306	6,094	43°36,024'	14°20,275'	87,896	12,192	0	0

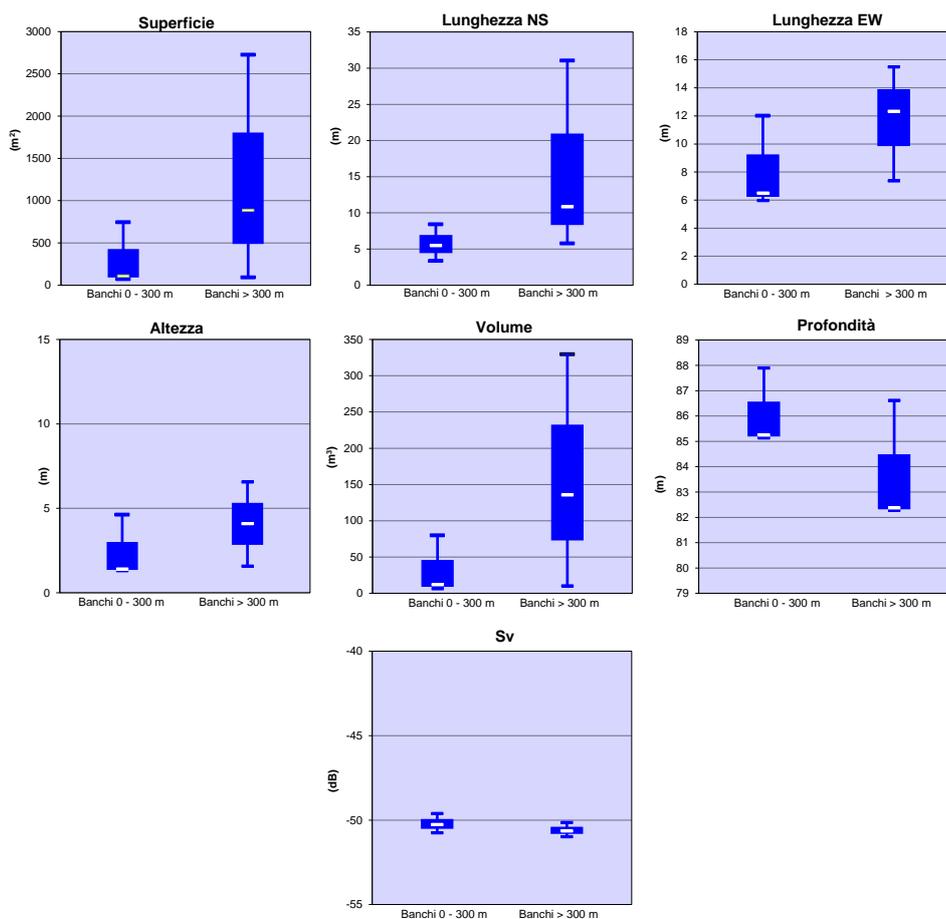


Fig. 2.61 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nell'aprile 2016. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. Sv = Volume backscatter strength.

Tab. 2-LV - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nell'aprile 2016.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-50,145	4307,000	36,000	632,000	-53,997	-40,579	0,097
2	-49,608	996,000	9,000	137,000	-53,912	-42,314	0,109
3	-50,988	1698,000	11,000	201,000	-53,714	-38,554	0,080
4	-50,641	109,000	6,000	42,000	-53,897	-43,867	0,086
5	-50,265	112,000	4,000	31,000	-53,822	-44,799	0,094
6	-50,757	84,000	7,000	47,000	-53,897	-47,860	0,084

*Sv = Volume backscattering strength

Anche a **maggio** sono stati individuati 6 banchi, tutti oltre i 300 m da Bonaccia NW (fig. 2.62), anche se l'aggregazione n. 3 è stata rinvenuta appena fuori del limite considerato (305,5 m; Tab. 2-LVI).

Il banco n. 3 ha presentato i maggiori superficie, volume, lunghezza NS e altezza; Tab. 2-LVII). La maggiore lunghezza EW è stata misurata invece per l'aggregazione n. 6.

Per quanto concerne la profondità, tutte le associazioni sono state rilevate entro i primi 15 m dal fondo ad eccezione del banco n. 5 il cui centro geometrico è stato registrato a 5,980 m: il più profondo è stato invece il n. 2 (86,321 m). Nella Tab. 2-LVIII sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

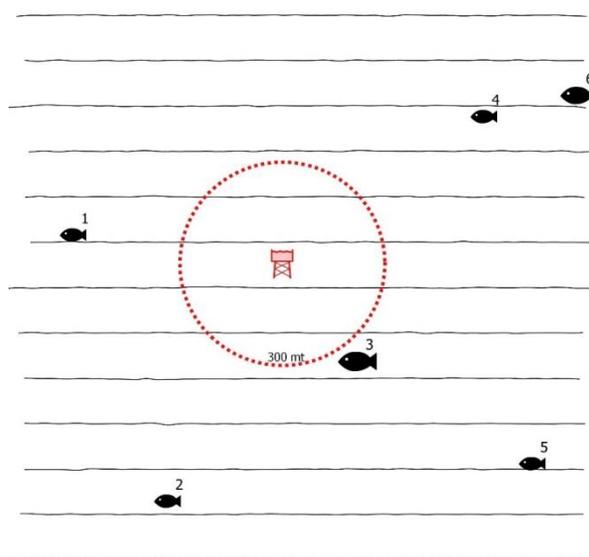


Fig. 2.67 - Schema planare della posizione delle aggregazione di pesce individuate durante il campionamento condotto nel maggio 2016. Figura non in scala.

Tab. 2-LVI - Distanza (m) dalla struttura Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di maggio 2016.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	659,9
2	756,3
3	305,5
4	729,7
5	882,8
6	987,5

Tab. 2-LVII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel giugno 2016. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	206,089	5,450	9,334	75,945	82,247	6,302	15,381	43°36,066'	14°19,677'	81,569	12,621	0	0
2	101,551	3,738	7,172	85,451	87,018	1,567	10,262	43°35,643'	14°19,887'	86,321	9,896	0	0
3	1629,109	14,102	13,925	77,018	83,653	6,635	256,680	43°35,869'	14°20,298'	80,431	6,347	0	0
4	148,457	4,768	7,004	82,328	84,646	2,318	15,167	43°36,260'	14°20,568'	83,513	9,788	0	0
5	10,305	2,628	1,632	5,549	6,357	0,808	0,698	43°35,708'	14°20,679'	5,980	14,762	0	0
6	1038,807	10,743	15,653	73,462	78,535	5,073	144,311	43°36,295'	14°20,772'	76,073	7,198	0	0

Tab. 2-LVIII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel maggio 2016.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-48,363	461	10	112	-53,787	-35,769	0,146
2	-49,461	2776	17	338	-53,873	-39,630	0,113
3	-48,951	421	7	77	-53,999	-40,556	0,127
4	-48,339	631	11	137	-53,769	-40,742	0,147
5	-46,925	136	3	26	-53,687	-38,678	0,203
6	-49,188	40	1	10	-53,769	-44,233	0,121

*Sv = Volume backscattering strength

Infine, a **giugno 2016** sono stati individuati 7 banchi (fig. 2.63), tutti oltre i 300 m da Bonaccia NW eccetto il n. 4 (Tab. 2-LIX). Il banco n. 3 è stato osservato poco oltre il confine dei 300 m. L'associazione n. 4 è risultata la più rilevante in termini di superficie, lunghezza NS, lunghezza EW e volume (Tab. 2-LX; fig. 2.64).

Per quanto concerne la profondità, tutte le associazioni sono state rilevate entro i primi 6 dal fondo (Tab. 2-LXXXI): il più profondo (n. 2) ha presentato centro geometrico a 87,271 m, il più superficiale (n. 6) a 83,015 m. Nella Tab. 2-LXI sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

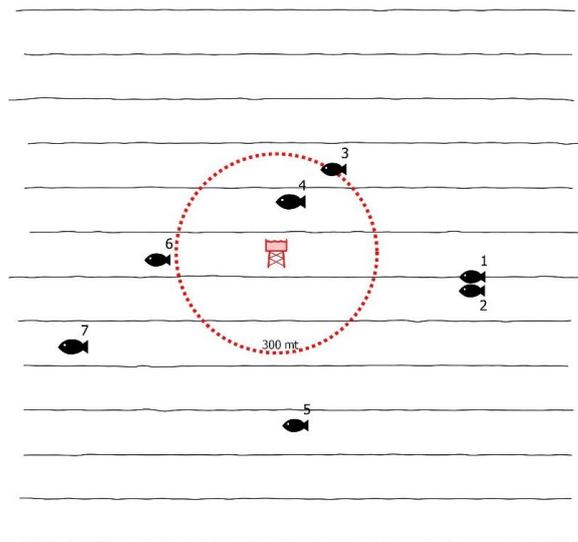


Fig. 2.63 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel giugno 2016. Figura non in scala.

Tab. 2-LIX - Distanza (m) dalla struttura Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di giugno 2016. In verde il banco entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	547,3
2	549,4
3	324,6
4	199,0
5	476,5
6	392,0

Tab. 2-LXI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel giugno 2016. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	202,255	9,052	9,741	85,304	87,119	1,815	22,881	43°35,987'	14°20,567'	86,346	8,839	0	0
2	323,481	11,099	10,785	86,132	88,206	2,074	42,733	43°35,965'	14°20,566'	87,271	7,570	0	0
3	474,400	8,026	12,975	82,926	86,584	3,658	64,043	43°36,16'	14°20,257'	84,902	7,407	0	0
4	1197,335	15,274	21,973	85,636	88,539	2,903	135,411	43°36,107'	14°20,163'	87,092	8,005	0	0
5	115,504	6,332	6,374	83,998	85,470	1,472	8,050	43°35,743'	14°20,177'	84,362	14,348	0	0
6	275,201	7,853	12,671	81,251	84,308	3,057	24,021	43°36,011'	14°19,868'	83,015	11,457	0	0

Tab. 2-LXII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel giugno 2016.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-48,363	461	10	112	-53,787	-35,769	0,146
2	-49,461	2776	17	338	-53,873	-39,630	0,113
3	-48,951	421	7	77	-53,999	-40,556	0,127
4	-48,339	631	11	137	-53,769	-40,742	0,147
5	-46,925	136	3	26	-53,687	-38,678	0,203
6	-49,188	40	1	10	-53,769	-44,233	0,121

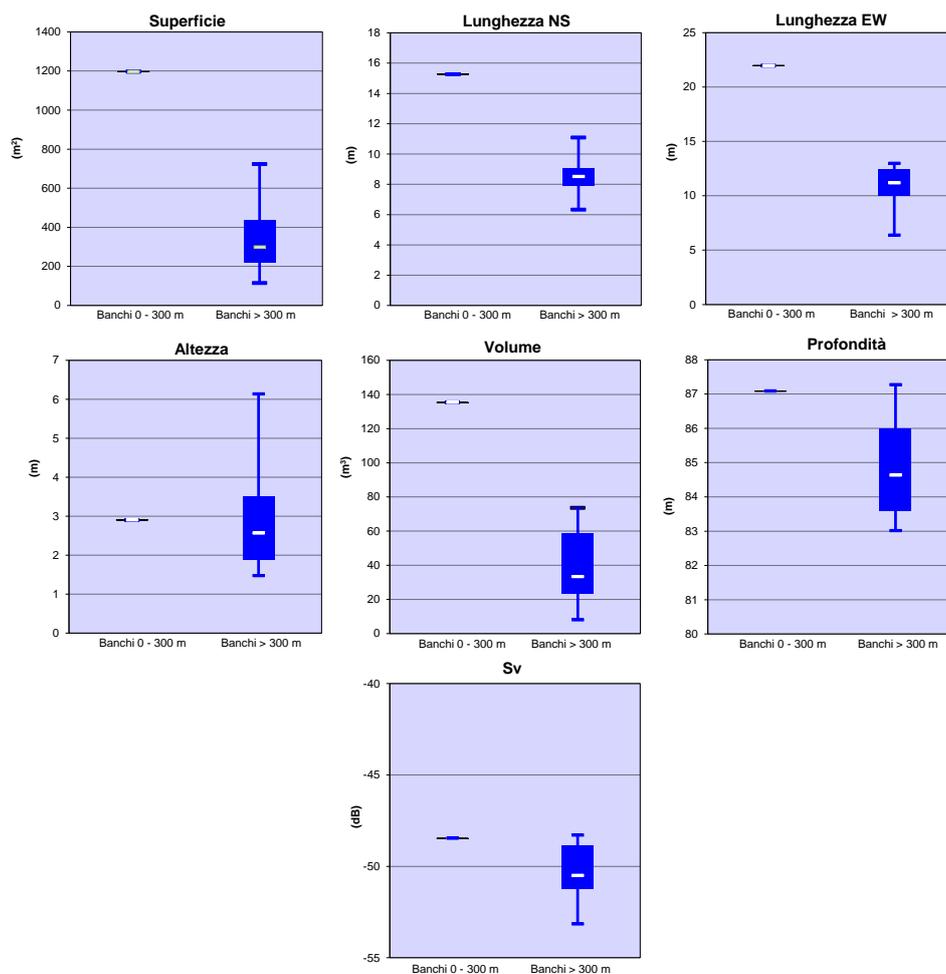


Fig. 2.64 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel giugno 2016. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. Sv = Volume backscatter strength.

Di seguito si riportano alcuni esempi di rappresentazioni tridimensionali delle aggregazioni di pesce rilevate nei campionamenti sopra descritti (figg. 2.65 - 2.70). Tali immagini permettono una percezione spazio-temporale dei singoli banchi nell'ambiente circostante la struttura.



Fig. 2.65– Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce dell' **gennaio 2016**. Nell'immagine è visibile la struttura Bonaccia NW.

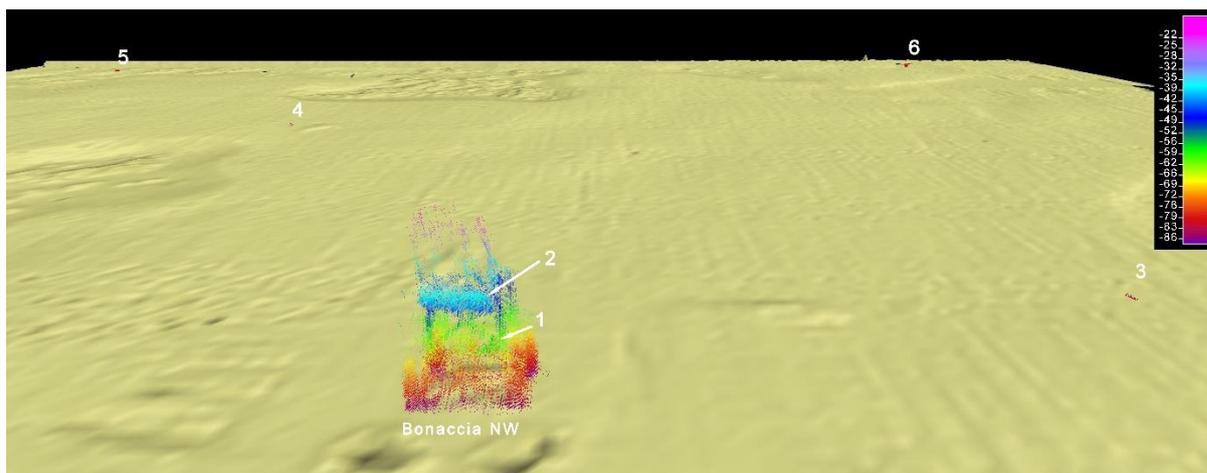


Fig. 2.66 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce del **marzo 2016**. Visibile la struttura nell’immagine.

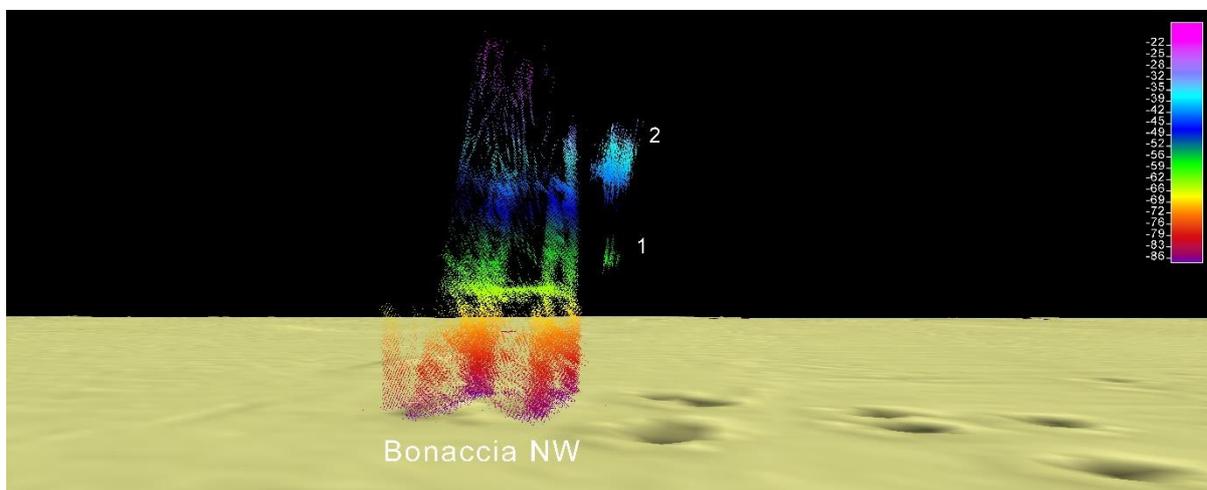


Fig. 2.67 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui è stato individuato il banco di pesce nel **marzo 2016**. Dettaglio in prossimità della struttura Bonaccia NW.



Fig. 2.68 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce dell’**aprile 2016**. Al centro dell’immagine è visibile la struttura Bonaccia NW.



Fig. 2.69 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce del **maggio 2016**. Al centro dell’immagine è visibile la struttura Bonaccia NW.

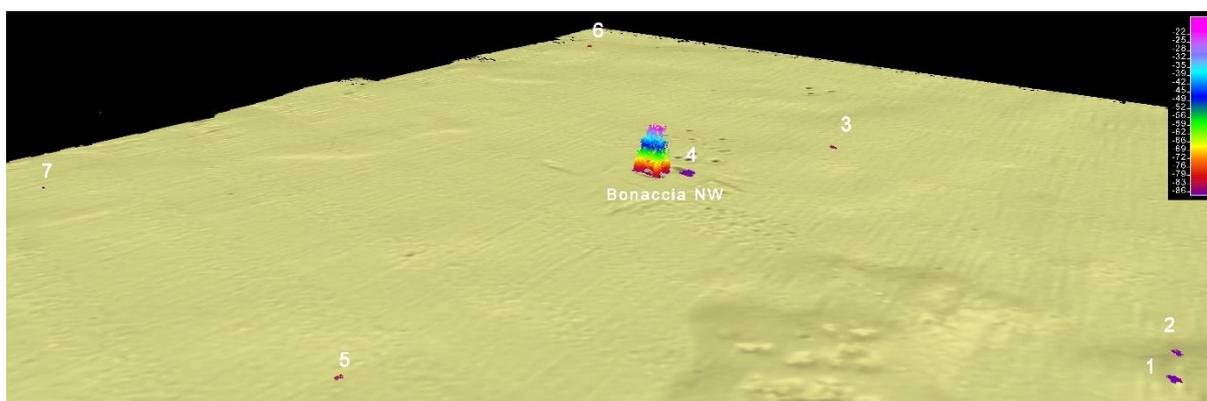


Fig. 2.70 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce del **giugno 2016**. Al centro dell’immagine è visibile la struttura Bonaccia NW.

2.2.6.3 Acquisizione di immagini tramite telecamera

Le riprese con la telecamera subacquea Quasi Stellar Color in prossimità della piattaforma per ispezionare l’habitat ittico sono state effettuate durante ogni survey in cui ci fosse visibilità sufficiente per catturare immagini discretamente nitide.

Nel **gennaio** e nel **marzo** 2016 sono state identificate specie pelagiche parzialmente attratte (PA) come *Boops boops* e *Trachurus trachurus* a varie profondità comprese tra 15 e 45 m (figg. 2.71 e 2.72).

A **febbraio** non sono stati sondati banchi in prossimità della piattaforma.

Ad **aprile** in prossimità del fondale adiacente la piattaforma sono stati individuati banchi di *P. bogaraveo* (specie necto-bentonica parzialmente attratta ai substrati duri), mentre a una profondità di circa 30 m sono stati osservati esemplari di *Spicara maena* (pelagico parzialmente attratto) all’interno di un banco costituito da diverse specie pelagiche (fig. 2.73).

Nel **maggio 2016** sul fondale in prossimità dei pali della piattaforma è stato avvistato un grosso esemplare di *Octopus vulgaris* (mollusco bentonico attratto) in mezzo a un banco di

P. bogaraveo, oltre a individui appartenenti alla specie nectobentonica parzialmente attratta *Serranus hepatus* (fig. 2.74).

Infine, a **giugno** sono state identificate specie pelagiche parzialmente attratte come *B. boops* e *T. trachurus* a profondità comprese tra 20 e 65 m (fig. 2.75).



Fig 2.71 – Pesce pelagico di vario tipo attorno alla piattaforma tra cui sono distinguibili individui di *T. trachurus* e *B. boops* registrati nel **gennaio 2016**.



Fig 2.72 – Pesce pelagico di vario tipo attorno alla piattaforma tra cui sono distinguibili individui di *T. trachurus* e *B. boops* registrati nel **marzo 2016**.

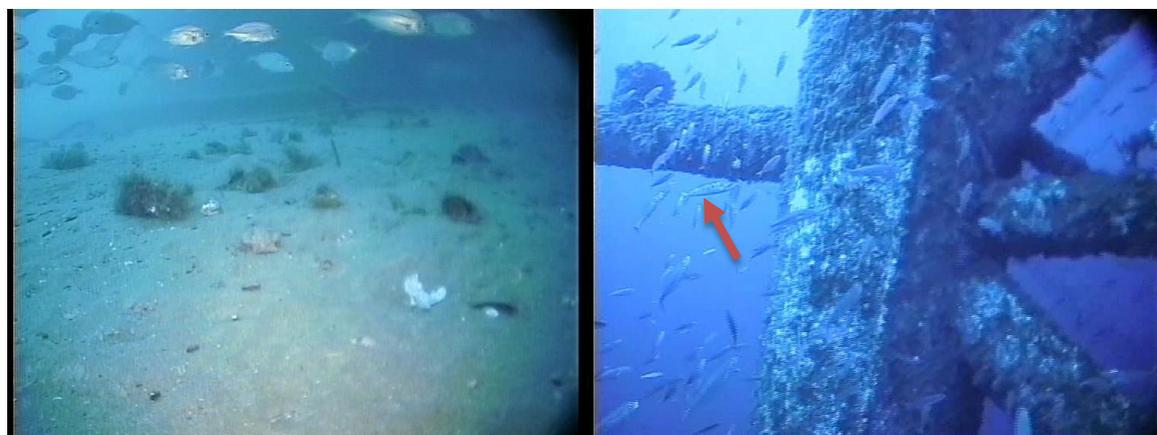


Fig. 2.73 – Esempari di *P. bogaraveo* (a sinistra) e *S. maena* (a destra) in mezzo ad altro pesce di tipo pelagico individuati durante il campionamento condotto nell'**aprile 2016**.



Fig. 2.74 – Esemplare di *O. vulgaris* e individui di *P. bogaraveo* (a sinistra) e *S. hepatus* (destra) individuati durante il campionamento condotto nel **maggio 2016**.



Fig. 2.74 - Esempari di specie pelgagiche individuate a varie profondit  (*B. boops* e *Trachurus* spp.) nel **giugno 2016**.

2.2.7. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI

Nel 1° semestre 2016 durante i 18 survey non è avvenuto alcun avvistamento di cetacei nell'area indagata.

2.3. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS 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 Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Bonaccia. Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle prescrizioni dell'ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-ISMAR di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell'oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-ISMAR di Ancona dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra; Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Bonaccia NW.

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d'acqua (studio delle correnti, caratteristiche fisiche e chimiche), le comunità fito- e zooplanctoniche (solo nelle fasi di pre-survey e durante i lavori di installazione), i sedimenti (granulometria, IPA, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo), la ricerca di inquinanti e lo studio di biomarkers in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommersedella struttura, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

- a. fase precedente alla posa in opera della piattaforma (pre-survey);
- b. fase di installazione e perforazione dei pozzi;
- c. fase di esercizio;
- d. fase di fine esercizio.

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nel 1° semestre successivo all'entrata in produzione della struttura (gennaio - giugno 2016), durante il quale sono state

condotte tutte le indagini previste eccetto quelle inerenti *Mytilus galloprovincialis* per il mancato rinvenimento di esemplari adesi alle parti sommerse della piattaforma.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - Le caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua durante il periodo analizzato (febbraio-aprile 2016) sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998). La condizione tardo-invernale di febbraio, caratterizzata da condizioni di instabilità su gran parte della colonna d'acqua, si è mantenuta anche a marzo, mentre in aprile è iniziato il riscaldamento dello strato superficiale. In aprile inoltre lo strato superficiale è apparso caratterizzato anche da una salinità minore. Sul fondo le condizioni termo-aline si sono mantenute più stabili per tutto il periodo, con temperature di 12,8-13,9°C e salinità di 38,6-38,7 psu.

Per quanto riguarda gli aspetti idrochimici considerati, non sono state osservate condizioni ipossiche o anossiche durante il periodo considerato e le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008).

La fluorescenza misurata *in situ* è risultata omogenea lungo tutta la colonna in febbraio e marzo, mentre ad aprile sono stati rilevati picchi relativi di attività fotosintetica tra i 30 e i 60 m di profondità. I pigmenti clorofilliani sono apparsi mediamente più elevati in febbraio per il consistente contributo della Chl *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta). Il carico solido sospeso è risultato più elevato nelle acque di fondo a marzo e soprattutto ad aprile, come evidenziato dai profili di torbidità. Questo trend è stato osservato frequentemente in Adriatico ed è probabilmente da correlare a processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

Nel confronto fra le stazioni in prossimità della piattaforma, che più direttamente possono essere modificate nelle loro caratteristiche ambientali dalle attività nella piattaforma, e quelle localizzate a 2000 m, considerate come controllo di riferimento, in generale non sono emerse differenze degne di nota per quanto riguarda le condizioni oceanografiche.

Riguardo i parametri idrochimici, si sono registrate concentrazioni più elevate nelle stazioni a 100 m per PO₄, Si(OH)₄ e TSM a febbraio. Tutti i pigmenti sono risultati più elevati a 100 m in aprile, ma non in modo preponderante. Una maggiore concentrazione di PO₄ nelle stazioni a 2000 m è stata rilevata a marzo.

La ricerca di metalli pesanti ha evidenziato la completa assenza (concentrazioni sempre sotto il limite di rilevabilità) di alcune delle specie chimiche considerate tra le più tossiche, quali mercurio, cadmio e indio (Canli e Furness, 1995; Dong *et al.*, 2016). Anche piombo, rame e ferro sono risultati molto spesso non rilevabili e, in ogni caso, considerato il loro

valore medio, non hanno mostrato alcuna differenza nel confronto tra i diversi survey. Tra le specie chimiche rilevabili sono stati fondamentalmente distinti due differenti andamenti. L'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio hanno evidenziato una minima variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale, sia in quella verticale. Cromo, nichel, alluminio e zinco sono invece risultati molto più variabili, alcune volte con valori del coefficiente di variabilità superiore al 100%, pur conservando concentrazioni medie simili nei tre survey.

Tra gli inquinanti organici l'unica categoria di composti presente è stata quella degli Idrocarburi alifatici, rilevati in solo il 30% dei campioni in febbraio e aprile e più ampiamente distribuiti a marzo (80% dei campioni), comunque caratterizzati sempre da valori piuttosto bassi.

In generale, tutti i metalli e i microinquinanti organici rilevati sono risultati comunque ampiamente al di sotto dei limiti previsti dalle Leggi attinenti agli obiettivi di qualità delle acque (es. i limiti riportati nella DIRETTIVA 2008/105/EC) e confrontabili con i risultati ottenuti in altre aree non contaminate sia del Mediterraneo (Béthoux *et al.*, 1990; Annibaldi *et al.*, 2009), sia di altre zone d'Europa e del mondo (Law, 1978; Middelburg *et al.* 1988; Alves *et al.*, 1993; Crompton, 2006). Inoltre, non sono apparsi distinguibili particolari trend delle concentrazioni per alcuna specie chimica considerata in relazione né alla profondità, né alla sua distribuzione orizzontale, fatta eccezione per il silicio nella crociera di aprile quando sono state rilevate le concentrazioni maggiori nelle quote di fondo di quasi tutte le stazioni. Tale aumento sul fondo è probabilmente da mettere in relazione a fenomeni di risospensione evidenziati altresì dal netto aumento a questa quota del carico solido sospeso.

Per quanto concerne infine eventuali peculiarità dei siti posizionati nei pressi della piattaforma rispetto ai controlli, l'unico inquinante a presentare delle differenze degne di nota è stato lo zinco. Infatti, in tutte tre le crociere oggetto di questa relazione questo metallo è risultato più abbondante nelle stazioni più vicine alla della piattaforma. Tale aumento appare comunque entro i limiti della naturale variabilità di questo elemento.

In conclusione, nel 1° semestre della fase di produzione di Bonaccia NW in tutta l'area esaminata non è stato evidenziato alcun fenomeno di contaminazione ambientale in relazione alla presenza della piattaforma. Infatti, gli andamenti osservati per alcune specie chimiche sono probabilmente da imputare alla variabilità delle condizioni idrologiche e meteorologiche della zona più che a fenomeni di generale contaminazione dell'area.

Misure correntometriche - Le correnti misurate in prossimità di Bonaccia NW nel

periodo aprile - giugno 2016 sono risultate prevalentemente dirette verso N/NW con alcune rotazioni verso S, e caratterizzate da intensità modeste.

Caratteristiche sedimentologiche - L'area in cui è installata Bonaccia NW è caratterizzata da un sedimento sabbio-siltoso, con alcune differenze nelle percentuali delle varie frazioni granulometriche tra un sito di campionamento e l'altro non relazionabili alla presenza della struttura. Tutti i sedimenti sono stati classificati come sabbia siltosa eccetto quello a 250 m a SW della struttura (silt sabbioso) e un controllo (K3; sabbia).

I dati acquisiti dopo la realizzazione della piattaforma non mostrano particolari segnali di alterazione. Gli IPA sono risultati presenti in concentrazioni modeste e gli idrocarburi totali non sono stati affatto rilevati. E' da segnalare solo l'aumento di bario presso Bonaccia NW. E' ipotizzabile che questo metallo tenda ad incrementare nel tempo e pertanto necessita di una particolare sorveglianza. Nulla da segnalare per quanto concerne la sostanza organica e il TOC, benché per quest'ultimo parametro le concentrazioni maggiori siano state rilevate lungo i transetti.

Ecotossicologia dei sedimenti - Nel 1° survey post installazione della piattaforma Bonaccia NW i saggi biologici con *Dunaliella tertiolecta* e *Vibrio fischeri* hanno confermato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata. Una tossicità bassa è stata rilevata per la sopravvivenza di *Corophium orientale* solo in un sito di controllo, mentre una tossicità più diffusa è stata registrata per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*, essendo stata osservata di basso o medio grado sia lungo i transetti che nei 4 controlli ma non nel sito corrispondente alla piattaforma risultato privo di tossicità.

I risultati del test di bioaccumulo eseguito utilizzando esemplari di *Hediste diversicolor* hanno evidenziato una biodisponibilità diffusa solo di nichel, sia nell'area della piattaforma che nei controlli e, in minor misura, di arsenico. Cadmio e zinco sono apparsi bioaccumulati solo negli esemplari testati nel sedimento proveniente dal sito posto a 60 m a NW della piattaforma. Tutti gli altri metalli o non sono stati rilevati, o hanno mostrato una tendenza al rilascio.

Comunità bentonica - Le comunità rinvenute nel 1° survey condotto dopo l'installazione di Bonaccia NW sono risultate principalmente rappresentate dai policheti, seguiti dai crostacei e dai molluschi. Gli echinodermi erano scarsi se non del tutto assenti. Si tratta principalmente di specie tipiche di fondali limicoli seguite, anche se in quantitativi ridotti, da taxa indicatori di materia organica nei sedimenti. Gli organismi sabulicoli sono apparsi poco rappresentativi nonostante gli elevati contenuti di sabbia nei sedimenti.

Il popolamento bentonico è apparso ovunque dominato dai policheti Paraonidae nd, seguiti

da *A. filiformis*, *P. callipae* e *O. cylindricaudata*, specie appartenenti allo stesso phylum di cui la prima tollerante come i paraonidi e le altre due sensibili. Gli indici biotici utilizzati sono apparsi abbastanza omogenei eccetto in corrispondenza della piattaforma lato SE e SW (BO SE e BO SW) o a 30 m da essa verso NW in cui sono stati registrati i valori più bassi di Ricchezza specifica e/o densità rispetto alle altre stazioni dei transetti, pur rimanendo confrontabili con uno o più controlli. Al contrario, nel sito adiacente alla struttura BO NW sono stati registrati i valori maggiori di abbondanza e numero di taxa.

L'analisi della struttura dei popolamenti mediante l'applicazione degli indici W di Clarke, AMBI e BENTIX ha evidenziato uno stato ecologico prevalentemente buono/moderato lungo il transetto A e buono lungo B e ai controlli.

Comunità ittica – La comunità ittica nei pressi di Bonaccia NW è apparsa più ricca in specie e caratterizzata da rendimenti di pesca più elevati rispetto alle zone di controllo, evidenziando quindi un effetto attrattivo della struttura sulla fauna ittica già nel 1° semestre della fase di produzione. Tale effetto è in accordo con quanto osservato in precedenza nell'Adriatico settentrionale presso altre piattaforme (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2004b; 2006; Scarcella *et al.*, 2011) e con alcuni studi condotti in altre aree (Stanley e Wilson, 1990; 1997; Schroeder *et al.*, 1999; Love *et al.*, 2000; Løkkerborg *et al.*, 2002).

Nel caso di Bonaccia NW tale capacità attrattiva si è manifestata soprattutto nei confronti di due specie pelagiche che hanno influenzato le catture sia in termini numerici che ponderali, *Boops boops* e *Trachurus trachurus*, entrambe parzialmente attratte dai substrati duri e catturate in tutto il periodo d'indagine (*B. boops*) o in quantità importanti in alcuni mesi (*T. trachurus*). L'abbondante presenza di questi taxa sin dall'inizio della fase di produzione di Bonaccia NW, così come il rinvenimento di altre specie sia attratte (*M. surmuletus*, *S. notata*, *S. porcus* e *S. scrofa*) che parzialmente attratte dai substrati duri (es: *E. cirrhosa*, *T. minutus capelanus*, *P. bogaraveo* e *S. japonicus*) è imputabile a vari fattori, tra cui il possibile effetto tigmotropico (Mottet, 1985; Brickill *et al.* 2005), la possibile diminuzione del rischio di predazione e la presenza di fonti supplementari di cibo (Bohnsack *et al.* 1991). Anche nelle aree di controllo è stata rilevata la presenza di specie attratte da fondali rocciosi, anche se in quantitativi inferiori rispetto alla piattaforma; ciò è presumibilmente dovuto alla particolare conformazione della zona, caratterizzata dalla presenza di concrezioni biogeniche (Bertarini e Cabras, 2008) simili alle Tegnùe dell'Alto Adriatico.

Dall'analisi dei dati acquisiti con l'indagine acustica MBES e quelli relativi alle catture ottenute parallelamente attraverso i campionamenti di pesca è plausibile supporre che vi sia

corrispondenza tra i risultati ottenuti con le due metodiche. E' da evidenziare che l'indagine acustica può implementare i dati di cattura, soprattutto per le specie piccole e pelagiche che vengono catturate in quantità minore rispetto alla reale abbondanza a causa della selettività dell'attrezzo utilizzato. Analizzando le aggregazioni si è riscontrata una concentrazione maggiore di specie ittiche negli strati d'acqua più vicini al fondo, legata all'etologia delle specie gregarie. Queste formano densi banchi e nell'arco della giornata compiono migrazioni verticali (Azzali 1980; Azzali *et al.*, 1983; Baltėza, 1985; Tudela e Palomera, 1997; Plounevez e Champalbert, 1999; 2000): nelle ore diurne (periodo in cui vengono condotti i survey acustici) si trovano negli strati di acqua più profondi per sfuggire ai predatori e per trovare nutrimento (Pitchaer, 1986), mentre nelle ore notturne, soprattutto nella stagione riproduttiva, gli individui maturi salgono sopra il termocline per rilasciare i gameti (Palomera, 1991). Inoltre, esiste una stretta relazione tra aggregazione in banchi e illuminazione, poiché in condizioni di buio totale o prossime al buio i gruppi sono piuttosto dispersi e presentano un'attività rallentata, mentre in condizioni di luminosità elevata gli individui si riuniscono portandosi verso il fondo (Mužinić, 1964; Azzali *et al.*, 1985). Alle considerazioni fatte finora, va aggiunto che in prossimità della piattaforma sono state rilevate aggregazioni di specie necto-bentoniche attratte che utilizzano la struttura come riparo da specie predatorie e come luogo ove trovare nutrimento, individuate anche dalle pesche sperimentali.

In riferimento ai dati raccolti nei sei mesi di indagini svolte tramite il sistema MBES, dalle osservazioni fatte sulla base della letteratura e dalle riprese tramite telecamera, oltre che dai campionamenti di pesca, si può ipotizzare che i banchi individuati in prossimità del fondale (84-87 m) e nelle vicinanze della piattaforma, come i banchi n. 2 di gennaio e n. 6 di aprile, possano appartenere a specie necto-bentoniche parzialmente attratte come *T. minutus capelanus* o *P. bogaraveo*. Probabilmente riconducibile a specie pelagiche parzialmente attratte dai substrati duri come *T. trachurus* o *B. boops* è il banco n. 4 di giugno che, rilevato in prossimità del fondale, ha presentato dimensioni notevoli. Queste specie pelagiche parzialmente attratte sono state individuate con ogni probabilità a profondità meno elevate (dalla superficie fino a 77 m circa), sempre in prossimità di Bonaccia NW (es. banchi n. 1 e 2 di marzo o nn. 2 e 5 di aprile).

Nelle zone periferiche rispetto Bonaccia NW sono state rilevate aggregazioni in generale minori rispetto i banchi prossimi alla struttura ad eccezione dei nn. 3 e 6 di maggio 2016, presumibilmente rappresentate da pelagici non attratti quali *E. encrasicolus*, o parzialmente come *S. japonicus* e *T. trachurus* che tendono ad aggregarsi in grossi banchi.

3. SEA-LINE COLLEGANTE BONACCIA NW CON LA PIATTAFORMA BONACCIA

La condotta collegante le piattaforme Bonaccia NW e Bonaccia si estende per circa 2,5 km in direzione WNW-ESE (fig. 3.1). I lavori di installazione sono terminati nel settembre 2015.

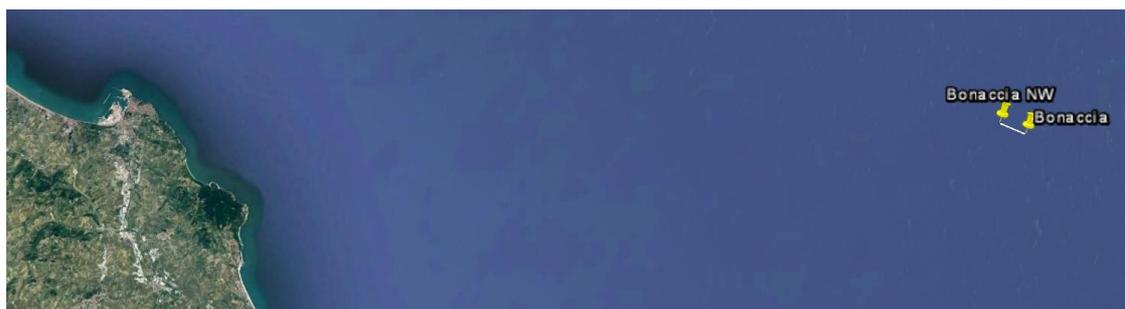


Fig. 3.1 - Sea-line collegante le piattaforme Bonaccia NW e Bonaccia.

3.1. MATERIALI E METODI

3.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

3.1.1.1 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica

I prelievi sono stati effettuati lungo 1 transetto perpendicolare alla condotta stessa e quindi orientato in direzione SW-NE, posto a circa metà della lunghezza della condotta stessa (fig. 3.2).

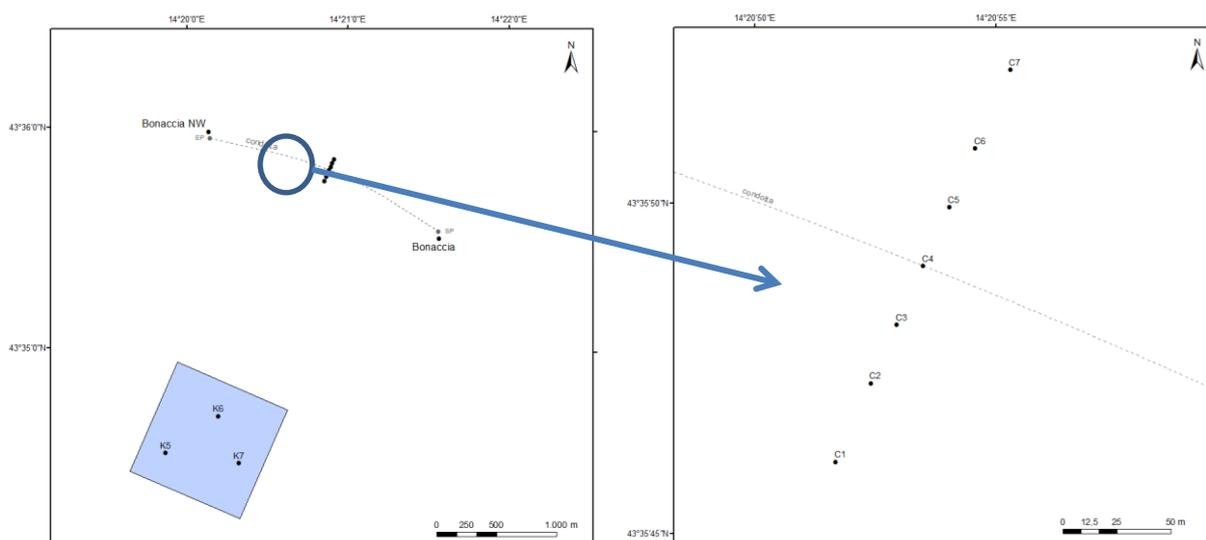


Fig. 3.2 - Schema di campionamento del sea-line per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica, con particolare del transetto.

Sul transetto sono state posizionate 7 stazioni, di cui 1 nelle immediate vicinanze del sea-line, 3 a distanze crescenti da esso in direzione NE e 3 a distanze crescenti verso SW. Inoltre sono stati campionati 3 siti di controllo posti in modo random all'interno di un'area (1000x1000 m) priva di altre strutture artificiali situata a circa 2000 m dalla condotta in direzione SW. Le coordinate delle singole stazioni sono riportate in Tab. 3-I.

Tab. 3-I - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 1° survey post lavori per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso il punto corrispondente al sea-line.

	Distanza dal sea-line (m)	Posizione rispetto al sea-line	Coordinate geografiche	Profondità (m)
C1	100	SW	43°35'759N 14°21'007E	89,3
C2	60	SW	43°35'779N 14°21'008E	89,1
C3	30	SW	43°35'774N 14°21'036E	89,6
C4	0	-	43°35'800N 14°21'051E	89,4
C5	30	NE	43°35'777N 14°21'158E	88,1
C6	60	NE	43°35'797N 14°21'159E	88,1
C7	100	NE	43°35'806N 14°21'217E	88,3
K5	2000	SW	43°34'827N 14°19'788E	86,4
K6	2000	SW	43°34'787N 14°19'970E	86,6
K7	2000	SW	43°34'758N 14°20'104E	86,5

Per il campionamento dei sedimenti e della comunità bentonica sono state adottate le procedure già descritte per l'area in cui è stata installata la piattaforma Bonaccia NW, per cui per la loro descrizione si rimanda al Cap. 2.1.1.4.

3.1.1.2 Ecotossicologia dei sedimenti

I prelievi sono stati effettuati tramite box-corer sui sedimenti di 4 stazioni di campionamento di cui 1 corrispondente al sea-line (C4), 2 poste a 60 m da esso (C2 e C6) e 1 sito di controllo (K6).

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

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

La ricerca di inquinanti su esemplari di *Hediste diversicolor* ha riguardato i medesimi metalli ricercati per l'area circostante la piattaforma (vedi Cap. 2.1.1.4).

3.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

Per ciascuno degli aspetti indagati sono state adottate le stesse metodiche di cui al Cap. 2.1.2.

Per quanto concerne la ricerca di metalli pesanti nei sedimenti è da segnalare che, oltre agli elementi indicati nella Specifica Tecnica e indicati nel Cap. 2.1.2.4, l'ARPAM, presa visione della composizione degli anodi sacrificali che verranno posizionati a salvaguardia del sea-line, ha esplicitamente richiesto le analisi anche di altri 7 elementi (manganese, magnesio, titanio, gallio, zirconio, stagno e ossido di zirconio; nota del 11/09/2015 - Prot. 0030430). Si specifica che l'ossido di zirconio è stato stimato esclusivamente tendo conto dei rapporti stechiometrici come se tutto lo zirconio fosse presente sotto forma di ossido.

Le concentrazioni di tutti i metalli aggiuntivi sono state ottenute mediante tecnica ICP-AES seguendo la metodica EPA 6010C (2007).

3.2. RISULTATI

3.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.2.1.1 Granulometria

All'analisi visiva i campioni prelevati nell'inverno 2016 si presentavano di colore grigio nocciola e inodori, con uno strato superficiale di 0,5 cm e presenza di biodetrito conchigliare. Dall'analisi granulometrica (Tab. 3-II, fig. 3.3) è emerso che i campioni C1, C2, C3 erano dominati dalla frazione siltosa, variabile tra il 46,7% (C1) e 49,0% (C3), seguita dalla sabbia presente in percentuali comprese tra il 30,3% (C2) e il 35,4% (C1, C3). La componente argillosa variava tra il 15,6% (C3) e il 21,6% (C2). I campioni C1 e C3 sono stati classificati come silt sabbioso, il C2 come loam secondo Shepard.

Tab. 3-II - Percentuale delle principali frazioni granulometriche. In rosso il sito corrispondente al sea-line.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Shepard
		Silt	Argilla	
C1	35,4	46,7	17,9	silt sabbioso
C2	30,3	48,0	21,6	loam
C3	35,4	49,0	15,6	silt sabbioso
C4	41,5	42,2	16,3	silt sabbioso
C5	46,9	41,1	12,0	sabbia siltosa
C6	49,4	39,2	11,4	sabbia siltosa
C7	45,3	42,4	12,3	sabbia siltosa
K5	50,1	38,0	11,9	sabbia siltosa
K6	73,0	21,6	5,5	sabbia siltosa
K7	72,4	22,0	5,6	sabbia siltosa

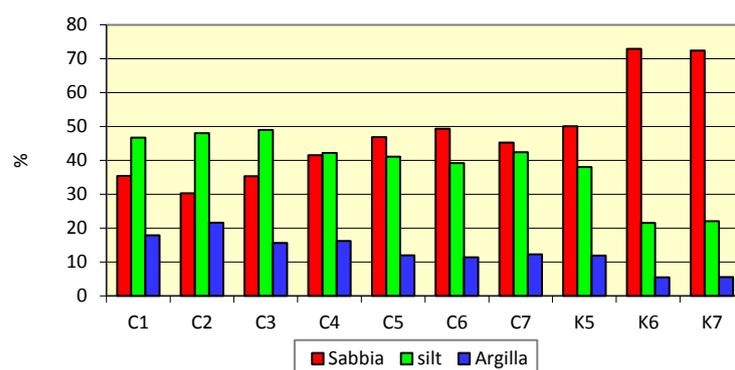


Fig. 3.3 - Ripartizione delle classi granulometriche (%) relative ai campioni prelevati nel 1° survey post lavori.

Da C3 a C6 la sabbia ha presentato un graduale aumento a fronte di un modesto decremento sia di silt, sia di argilla. C4, dove le percentuali di sabbia e silt erano comparabili, è stato classificato come silt sabbioso. Le altre stazioni del transetto sono state

invece classificate come sabbia siltosa. Per quanto concerne i riferimenti, la sabbia è risultata preponderante, soprattutto in K6 e K7. La restante parte dei campioni era costituita in prevalenza da silt, variabile tra il 38% (K5) e il 22% (K7). L'argilla ha superato il 0% solo in K5. Tutti i controlli sono stati classificati come sabbia siltosa.

3.2.1.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

A seguito della posa della condotta questi composti sono tutti risultati inferiori al limite di quantificazione in tutte le stazioni campionate.

3.2.1.3 Idrocarburi totali

Gli idrocarburi totali sia leggeri ($C < 12$) che pesanti ($C > 12$) sono risultati inferiori al limite di quantificazione in tutte le stazioni campionate nel 1° survey post lavori.

3.2.1.4 Metalli pesanti

Le concentrazioni dei metalli sono riportate in Tab. 3-III e in fig. 3.4.

I tenori dei metalli ricercati sono risultati diffusamente modesti. In particolare le concentrazioni rilevate lungo il transetto di **arsenico, ferro, gallio, magnesio, manganese, piombo, silicio e titanio** sono apparse inferiori o in linea con quelle dei riferimenti.

Concentrazioni superiori a quelle dei controlli, quasi sempre nelle stazioni poste a SW della condotta, sono state invece rilevate per **alluminio, bario, cromo, nichel, rame, vanadio, zinco e zirconio**, ma i valori sono comunque modesti e non indicano uno stato di alterazione dell'area. In nessun caso sono stati registrati picchi in corrispondenza di della condotta (C4).

Il contenuto di **mercurio e cadmio** è risultato ovunque talmente basso che le differenze tra sito e sito sono da considerare del tutto trascurabili.

Sia **indio** che **stagno** sono risultati al di sotto del limite di quantificazione in molti siti e, laddove rinvenuti, le concentrazioni sono apparse estremamente basse.

Da sottolineare che in corrispondenza di C2 è stata rilevata la concentrazione massima di molti metalli (Al, Ba, Cr, Hg, Ni, V, Zn e Zr) che, tuttavia, è risultata modesta in tutti i casi.

Le concentrazioni di cadmio, mercurio, piombo, rame e zinco sono risultate ampiamente inferiori ai livelli chimici nazionali e agli SQA indicati nel DM 173 2016 e nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015. Il cromo è risultato superiore nel tratto C1-C3, il

nicel ovunque eccetto in due controlli e l'arsenico ovunque eccetto C3 e C7.

Tab. 3-III - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) nei sedimenti campionati nel 1° survey post lavori. In rosso la stazione posta sulla condotta.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	G	In	Mg	Mn	Hg
C1	2,11	12,84	68,74	0,051	56,92	2,23	12,01	0,03	1,62	851,53	0,028
C2	2,52	14,56	82,03	0,052	64,05	2,24	9,59	0,03	1,55	666,87	0,033
C3	2,13	10,34	70,57	0,041	55,38	2,01	5,78	0,02	1,47	637,29	0,027
C4	1,71	12,45	62,81	0,047	49,13	1,94	10,55	<0,02	1,51	640,13	0,024
C5	1,74	16,69	53,40	0,048	47,44	2,04	7,00	<0,02	1,59	753,62	0,023
C6	1,42	12,42	39,97	0,047	42,84	1,78	8,29	<0,02	1,69	638,92	0,018
C7	1,86	11,32	55,86	0,040	49,68	1,91	8,80	<0,02	1,68	615,73	0,021
K5	1,57	21,03	37,27	0,046	44,78	2,06	10,45	<0,02	1,54	971,69	0,021
K6	1,00	17,58	23,47	0,041	31,88	1,50	9,55	0,02	1,63	612,57	0,014
K7	1,28	12,39	31,55	0,042	35,84	1,67	12,61	<0,02	1,76	699,20	0,014

	Ni	Pb	Cu	Si	St	T	V	Zn	Zr	Ossido di Zr
C1	49,55	13,11	15,85	62,07	1,70	251,45	55,94	65,12	6,73	> 9,09
C2	52,11	13,00	16,11	62,69	<1,20	324,28	62,82	69,69	7,54	>10,18
C3	45,26	13,47	12,63	45,50	2,71	328,93	53,54	58,17	6,03	>8,14
C4	43,64	11,94	12,38	54,29	<1,20	259,13	47,25	54,89	5,76	>7,77
C5	40,91	13,17	13,30	51,00	1,66	235,63	50,47	53,80	5,94	>8,02
C6	38,21	10,43	10,49	58,85	<1,20	182,33	42,55	50,61	5,14	>6,94
C7	39,18	10,73	11,68	49,12	<1,20	336,90	48,95	54,29	5,77	>7,79
K5	38,94	13,34	9,84	54,08	<1,20	205,07	47,54	50,31	6,21	>8,38
K6	24,37	9,61	6,75	48,16	<1,20	219,69	35,25	35,44	3,89	>5,25
K7	27,35	9,81	7,55	78,78	<1,20	342,77	42,07	38,70	4,64	>6,27

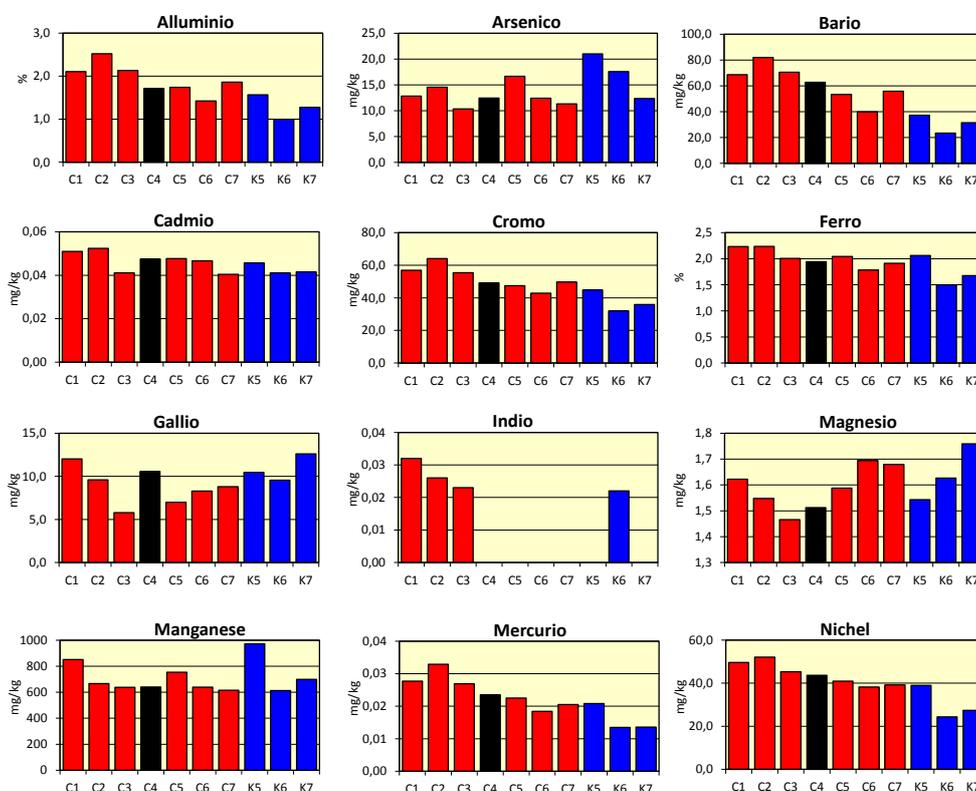


Fig. 3.4 - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza del sea-line.

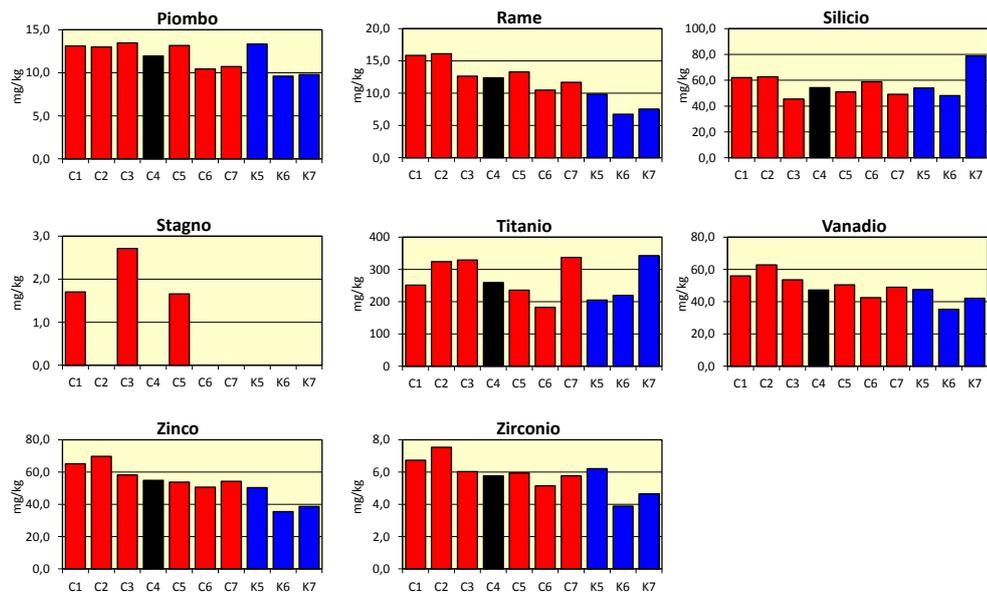


Fig. 3.4 - Continuo.

3.2.1.5 Sostanza organica

Nell'inverno 2016 la sostanza organica rilevata lungo il transetto è oscillata tra 18.350 mg/kg (C4) e 26.948 mg/kg (C2; Tab. 3-IV, fig. 3.5). Ai controlli le concentrazioni sono risultate comprese tra 12.900 mg/kg (K7) e 20.186 mg/kg (K5) risultando pertanto comparabili a quelle più basse del transetto. I tenori sono ovunque modesti e non indicano un'alterazione dell'area.

Tab. 3-IV – Sostanza organica (mg/kg) rilevata nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza del sea-line.

C1	23.843
C2	26.948
C3	22.282
C4	18.350
C5	25.253
C6	18.386
C7	18.885
K5	20.186
K6	14.322
K7	12.900

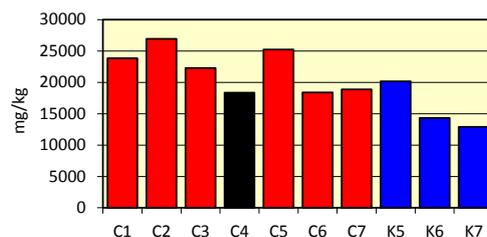


Fig. 3.5 – Sostanza organica (mg/kg) rilevata nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In nero il sito posto sulla condotta.

3.2.1.6 Total Organic Carbon (TOC)

Nel 1° survey post lavori i tenori di TOC lungo il transetto sono apparsi tutti inferiori a quello del controllo K6 (26.000 mg/kg) corrispondente al massimo stagionale (Tab. 3-V, fig. 3.6). Sono risultati invece in linea con K5 (14.000 mg/kg) eccetto C3 (inferiore). Il minimo è stato registrato in K7 (3.500 mg/kg).

Tab. 3-V – Total Organic Carbon (mg/kg) rilevato nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso il sito posto sul sea-line.

C1	15.000
C2	14.000
C3	8.700
C4	15.000
C5	17.000
C6	15.000
C7	15.000
K5	14.000
K6	26.000
K7	3.500

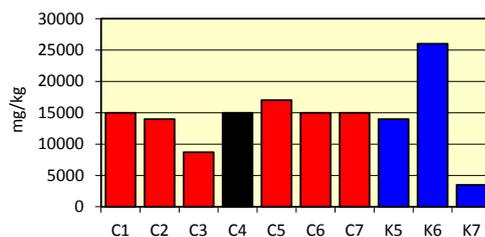


Fig. 3.6 – Total Organic Carbon (mg/kg) rilevato nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza del sea-line.

3.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.2.2.1 *Dunaliella tertiolecta*

QA-QC - I due test eseguiti come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (12,03 mg/l come cromo) sono rientrati nei limiti della carta di controllo del laboratorio (LC=11,79 e UC=12,33 mg/l); 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 stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16)

Risultati del saggio - I risultati del saggio eseguito con gli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 1° post lavori sono riportati in Tab. 3-VI, insieme ai principali parametri del test. In tutti gli elutriati non è avvenuta alcuna inibizione algale rispetto al controllo negativo indicando l'assenza di tossicità.

Tab 3-VI – Parametri rilevati negli elutriati utilizzati nel saggio di tossicità con *D. tertiolecta* estratti dai sedimenti relativi al 1° survey post lavori. In rosso è indicato il sito in corrispondenza del sea-line. Valori negativi della percentuale di effetto indicano effetto stimolante.

campione	Salinità (‰)	pH	ΔG (%) 72 h	EC20	EC50	Tossicità
C2	35	8,21	-2.41%	≥ 90	>100%	Assente
C4	35	8,27	2.93%	≥ 90	>100%	Assente
C6	35	8,26	-5.68%	≥ 90	>100%	Assente
K6	35	8,18	-3.10%	≥ 90	>100%	Assente

3.2.2.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

QA-QC – Il valore della EC50 (15') = 10,62 mg/l (LC=8,77 e UC=12,86) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio (3,47-11,47).

Risultati del test – Negli elutriati estratti dai sedimenti campionati nell'inverno 2016 non si rileva alcuna inibizione della bioluminescenza (Tab. 3-VII).

Tab. 3-VII - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* relativo al 1° survey post lavori. In rosso è indicato il sito in corrispondenza del sea-line.

Campione	Salinità (‰)	pH	% Effetto (15')	%Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
C2	35	8,21	-0,11	2,18	>90	>90	Assente
C4	35	8,27	-7,14	-1,32	>90	>90	Assente
C6	35	8,26	-2,92	3,69	>90	>90	Assente
K6	35	8,18	2,13	5,66	>90	>90	Assente

3.2.2.3 *Corophium orientale*

QA-QC - La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento ($CdCl_2$)

LC50 = 3,10 (LC= 2,82 mg/l e UC= 3,40 mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 gg è risultata conforme, in quanto superiore al 85%. In Tab. 3-VIII sono indicati i principali parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante dei sedimenti testati misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico.

Tab. 3-VIII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati osservati all'inizio e alla fine del test. In rosso il sito 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	36	8,21	0,5	>85	15±1	36	8,12	0,5	>85
C2		37	8,17	0			36	8,08	0	
C4		37	8,15	0			37	8,06	0	
C6		37	8,16	0,5			37	8,05	0,5	
K6		37	8,14	0			38	8,03	0	

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg nei sedimenti testati dimostrano l'assenza di tossicità acuta in tutti i campioni (Tab. 3-IX).

Tab. 3-IX - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. orientale* nei campioni prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso il sito in corrispondenza del sea-line.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± incertezza)	% (corretta) degli organismi morti	Tossicità
Controllo	100	0 ± 0,80	0	-
C2	100	12 ± 3,27	11	Assente
C4	100	9 ± 2,00	8	Assente
C6	100	8 ± 3,27	7	Assente
K6	100	10 ± 2,31	9	Assente

3.2.2.4 *Crassostrea gigas*

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 13,18 µg/l di Cu (LC=12,25 e UC=14,18), che rientra nei limiti della carta di controllo intra-laboratorio. La percentuale media di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo (86±,53%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio – In tutti i sedimenti è stata rilevata una tossicità bassa eccetto C6 (tossicità assente; Tab. 3-X).

Tab. 3-X - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso il sito posizionato in corrispondenza del sea-line.

Campione	Concentrazione	% media di larve normali ± dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		86 ± 1,53	14	0			
C2	100	62 ± 1,53	38	29	68,6	>100	Bassa
	50	74 ± 0,58	26	15			
	25	83 ± 1,15	17	4			
C4	100	66 ± 0,58	34	23	85,3	>100	Bassa
	50	76 ± 1,53	24	12			
	25	81 ± 1,73	19	6			
C6	100	70 ± 1,53	30	19	>90	>100	Assente
	50	77 ± 0,58	23	11			
	25	81 ± 1,53	19	6			
K6	100	58 ± 1,15	42	32	53,7	>100	Bassa
	50	69 ± 1,53	31	20			
	25	80 ± 1,00	20	7			

3.2.2.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

I parametri (chimici e fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test effettuato nel 1° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XI, mentre in Tab. 3-XIU sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo.

La percentuale di mortalità rilevata in C4 è risultata simile a quella del controllo; altrove sono apparse superiori.

Tab. 3-XI – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati osservati all'inizio e alla fine del test. In rosso la stazione 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	36	8,13	0	>85	15±1	35	8,17	0,5	>85
C2		36	8,11	0			36	8,12	0	
C4		37	8,13	0			36	8,15	1	
C6		36	8,12	0			36	8,16	0,5	
K6		36	8,15	1			35	8,14	3	

Tab. 3-XII - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 1° survey post lavori. In rosso la stazione in corrispondenza del sea-line.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev.st %)
controllo	21	29 ± 0,00
C2	21	48 ± 8,25
C4	21	38 ± 8,22
C6	21	48 ± 8,25
K6	21	48 ± 8,25

Risultati del saggio – 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 osservate nei tessuti di *H. diversicolor* dopo l'esposizione ai sedimenti testati e quelle determinate nel bianco (0').

Tab.3-XIII - Concentrazioni (mg/kg; Al in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 1° post lavori. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi esposti per 28 gg al sedimento di controllo. n.r.= non rilevabile. In rosso è indicato il sito in corrispondenza del sea-line.

Campione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
bianco	282	0,82	2,10	0,14	1,36	20,99	638,06	1,68	n.r.	0,79	525,93	n.r.	95,56	0,082
controllo	n.r.	1,52	n.r.	0,17	n.r.	19,32	482,71	1,65	n.r.	0,66	111,48	n.r.	130,87	0,099
C2	n.r.	0,10	n.r.	0,02	n.r.	16,20	349,12	2,34	n.r.	0,70	162,23	n.r.	95,88	0,075
C4	n.r.	1,30	n.r.	0,18	n.r.	14,61	328,70	3,72	n.r.	0,85	118,46	n.r.	101,59	0,100
C6	n.r.	1,06	n.r.	0,15	n.r.	16,04	388,55	3,18	n.r.	0,83	128,53	n.r.	107,59	0,072
K6	n.r.	1,44	n.r.	0,16	n.r.	15,52	372,08	4,17	n.r.	0,60	127,71	n.r.	103,87	0,086

Tab. 3-XIV - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti (mg/kg) rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati e il bianco (0') nel 1° post lavori. In grassetto le concentrazioni che indicano il bioaccumulo del metallo. In rosso il sito in corrispondenza del sea-line. n.c. = non calcolabile.

Campione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
controllo	n.c.	0,70	n.c.	0,03	n.c.	-1,67	-155,35	-0,03	n.c.	-0,13	-414,45	n.c.	35,31	0,017
C2	n.c.	-0,72	n.c.	-0,12	n.c.	-4,79	-288,94	0,66	n.c.	-0,09	-363,70	n.c.	0,32	-0,007
C4	n.c.	0,48	n.c.	0,04	n.c.	-6,38	-309,36	2,04	n.c.	0,06	-407,47	n.c.	6,03	0,018
C6	n.c.	0,24	n.c.	0,01	n.c.	-4,95	-249,51	1,50	n.c.	0,04	-397,40	n.c.	12,03	-0,010
K6	n.c.	0,62	n.c.	0,02	n.c.	-5,47	-265,98	2,49	n.c.	-0,19	-398,22	n.c.	8,31	0,004

Al, Ba, Cr, Cu, Fe, In, Pb, Si, V e Zn sono risultati non rilevabili negli organismi test o presenti in concentrazioni inferiori o comparabili a quelle del bianco. **Ni** è stato bioaccumulato ovunque, analogamente ad **As** eccetto in C2. **Cd** e **Hg** solo in C4.

3.2.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.2.3.1 Densità (N) e Biomassa (P)

Nel 1° survey post lavori la densità nei siti del transetto C è oscillata da un minimo di $37,00 \pm 11,59$ ind $0,095/m^2$ (C3) a un massimo di $57,67 \pm 16,33$ ind $0,095/m^2$ (C2), risultando confrontabile ovunque a causa degli elevati errori standard (fig. 3.7). Il range del transetto è rientrato in quello dei controlli, variabile tra $29,33 \pm 5,78$ ind $0,095/m^2$ (K5) e $58,67 \pm 4,84$ ind $0,095/m^2$ (K6).

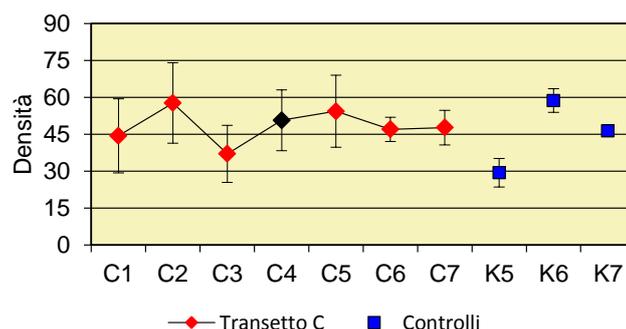


Fig. 3.7 – Densità ($\pm e.s.$) registrata presso i siti monitorati durante il 1° survey post lavori.

I policheti Paraonidae nd hanno rappresentato il primo taxon più numeroso nella maggior parte delle stazioni monitorate, seguiti da *Ophelina cylindricaudata*. Sono risultati inoltre importanti i policheti *Paradiopatra calliopae*, *Aphelochaeta filiformis* e *Paralacydonia paradoxa* e, ai controlli, la famiglia *Ampharetidae* nd (Tab. 3-XV).

In termini di biomassa (Tab. 3-XVI; fig. 3.8) i valori sono risultati simili lungo il transetto, ad eccezione di un picco rilevato nel sito C3 ($20,92 \pm 20,77$ gr/ $0,195/m^2$) determinato dalla presenza in una replica di un esemplare del riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea* (fig. 3.9). Esclusa questa stazione, il minimo è stato osservato a ridosso della condotta (C4; $0,16 \pm 0,09$ gr/ $0,095 m^2$) e il massimo in C2 ($1,83 \pm 1,12$ gr/ $0,095 m^2$). Tutti i siti del transetto sono comunque rientrati nel range dei controlli, dove P è oscillata tra $0,65 \pm 0,48$ gr/ $0,095 m^2$ (K7) e $6,90 \pm 6,82$ gr/ $0,095 m^2$ (K5). Anche quest'ultimo valore è una conseguenza del rinvenimento di un esemplare di *B. atlantica mediterranea* (fig. 3.9).

Tab. 3-XV – Lista e densità (n. ind. 0,095/m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 1° survey post lavori. Per ogni sito è anche riportato il numero totale di taxa osservati. C = Bioc. del Coralligeno; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Biocenosi del Detritico Infangato; DL= Bioc. del Detritico del Largo; HP = Bioc. delle praterie di Posidonia; Lim = limicolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; MI = Bioc. dei Fondi Mobili Instabili; Minut = minuticolo; Mixt = misticolo; MO = indicatore della presenza di materia organica; Sab = sabulicolo; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; SGCF = Bioc. delle Ghiaie Fini sotto l’influsso delle Correnti di Fondo; Sm = substrato mobile; SVMC = Bioc. delle Sabbie Infangate di Moda Calma; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri.

Stazione		Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)			100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
Briozoi												
	Briozoa nd	Simbiosi									0,33	0,33
	<i>Triticella flava</i>											
Cnidari												
Antozoi	Actiniaria nd	VTC						0,33				
	<i>Virgularia mirabilis</i>											
Idrozoi	Hydroidea nd								0,33			0,33
Crostei												
Anfipodi	<i>Ampelisca diadema</i>	DE		0,33							0,33	
	<i>Ampelisca intermedia</i>	SFBC	0,33									
	<i>Carangoliopsis spinulosa</i>	VTC				0,33						
	<i>Gammaropsis</i> sp					0,33						
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC			0,33	0,33						
	<i>Othomaera schmidtii</i>	VB								0,33		
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt		0,33	0,33			0,33				0,33
	<i>Rhachotropis</i> sp			0,33								
Cumacei	Cumacea nd		0,33			0,33						
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt						0,33				
	<i>Leucon siphonatus</i>	Lim							0,33			0,33
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC		0,67			0,67	0,33			0,33	
	<i>Anapagurus bicorniger</i>	Lim										0,33
	<i>Callianassa subterranea</i>	Lim	0,33	1,33	1,00	0,33	0,33	0,67	1,67	0,67	1,00	3,00
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,67	0,67		0,67	0,33	0,67	1,00		0,33	0,33
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC						0,33				
	Paguridae nd										0,33	
	<i>Processa</i> sp										0,33	
	<i>Solenocera membranacea</i>	VB									0,33	
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL									0,67	1,33
Isopodi	Bopyridae nd											0,67
	<i>Eurydice</i> sp								0,33			
	<i>Gnathia</i> sp			0,33			0,33				0,33	
Misidiacei	Misidiacea nd										0,67	
Tanaiidacei	<i>Apseudes spinosus</i>	HP	0,33									
	<i>Leptognathia</i> sp		0,33									
Echinodermi												
Echinodermi	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB		0,33	0,33						0,33	
Oloturoidei	Holothurioidea nd			0,33	0,67	0,33			0,33	0,33		0,33
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC		0,33								
	<i>Trachythyone elongata</i>	VTC							0,33			
Molluschi												
Bivalvi	<i>Anomia ephippium</i>	Lre									0,33	
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt	0,33									
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim		0,33			0,33				0,33	
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim	0,33	0,33	0,33							
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt										0,33
	<i>Phaxas adriaticus</i>	Sab								0,33		
	<i>Saccella commutata</i>	Mixt	0,33				0,33	0,33				
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim		0,33	0,33							
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre						0,33	0,33		0,33	0,33
Caudofoveati	<i>Falcidens gutturosus</i>	Lim	1,67	1,00	1,33	0,33	1,00		0,67	0,33		
Gasteropodi	<i>Hyala vitrea</i>	VTC			0,67	0,67	1,00	0,33				
	<i>Synola fasciata</i>	HP								0,33		
	<i>Turritella communis</i>	VTC						0,67			0,33	
Nemertini												
	Nemertea nd		0,33	0,67	0,33	1,33	0,33		0,33		0,33	
Platelminti												
	Platelminta nd						0,33					
Policheti												
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,33						0,67	0,33		0,33
	Ampharetidae nd		0,33	0,33			0,33		0,33	0,67	5,67	2,67
	<i>Amphicteis gunneri</i>	Lim						0,33				
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB	0,33				0,67	0,33				
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	2,33	2,00	2,33	3,67	3,33	1,33	0,33	0,33	3,33	3,33
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,67		0,67	0,33			0,67		0,67	
	<i>Aponuphis brementi</i>	Lim	0,33								0,33	0,33

Tab. 3-XV – Continuo.

Stazione		Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)			100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
Policheti												
	<i>Capitella capitata</i>	MO	0,33			0,67	0,33	0,67	0,67	1,00		0,33
	Capitellidae nd				0,33		0,33				0,33	
	Chaetopteridae nd							0,67				
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim		0,33								
	<i>Chirimia biceps</i>	MO							0,33			
	Cirratulidae nd			0,67			0,33					
	<i>Glycera alba</i>	Lim	0,33									
	<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,33					0,67			1,00	0,67
	<i>Glycera sp</i>		0,33	0,67	0,33	0,67	1,67	0,33	1,33	0,67	2,00	1,00
	<i>Glycera tessellata</i>	Sd	0,33			0,33				0,67	0,33	1,00
	<i>Goniada maculata</i>	VTC					0,33					
	<i>Harmothoe sp</i>										0,33	
	<i>Inermonephtys inermis</i>	Mixt								0,33		
	<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC	0,33				0,33		0,33			
	<i>Lumbineris gracilis</i>	Sab						0,33	0,33		0,33	
	Maldanidae nd		0,33									
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,67	2,67	1,00	1,67	0,67	1,33		1,33	0,33	1,00
	<i>Melinna palmata</i>	Minut	0,33		0,67			0,33	0,33		0,33	
	<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	Sab toll		0,33								
	<i>Minuspio cirrifera</i>	MO	0,67			0,33						
	<i>Nephtys hystricis</i>	VTC			0,33	0,67	0,67	0,33	1,67		1,33	0,67
	Nereididae nd					0,33						
	<i>Ninoe sp</i>		0,67	0,33	0,33	0,67	1,00	0,33	0,33			
	<i>Notomastus aberans</i>	MO	1,00		0,33	0,67	1,00	1,00	2,33	2,67	0,33	1,33
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	8,00	6,67	4,67	5,33	7,00	12,00	8,67	4,00	6,00	5,00
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab								0,33	0,33	0,33
	<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC				0,33						
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	3,33	3,67	1,33	3,33	2,33	1,33	2,33	1,33	4,33	0,67
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,67	1,00	2,00	3,67	1,00
	Paraonidae nd		11,67	25,33	16,33	19,33	19,67	15,00	13,33	8,67	13,67	14,33
	<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC									0,33	
	Phyllococidae nd						0,33					
	Pilargidae nd			0,33		0,33	0,33		0,67		1,33	0,33
	<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab		0,67					0,33	0,33		
	<i>Prionospio sp</i>		1,00				0,33	0,67	0,33		0,33	
	Sabellidae nd										1,00	0,33
	<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim		0,33		0,33	0,33					
	<i>Scoletoma sp</i>		0,33		0,33	1,00	0,33	0,33	0,33		0,33	
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre		0,67	0,33	1,67	1,33	1,67	1,00	1,00		0,33
	Sphaerodoridae nd						0,33					0,33
	Spionidae nd				0,33	1,33	1,00		0,33	0,33	1,00	1,67
	<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC				0,33						
	<i>Sternaspis scutata</i>	VTC		0,33								
	<i>Syllis parapari</i>	SFBC - Mixt									0,33	
	<i>Syllis sp</i>								0,33			
	Terebellidae nd						0,33					
	<i>Terebellides stroemi</i>	MO	0,33					0,33			0,33	
	<i>Trachytrypa jeffreysii</i>	VTC					0,33					
Sipunculidi												
	<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO					0,67				0,33	
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	1,33	1,33			1,33	0,67	0,33			
	<i>Phascolion strombus</i>	Lre									0,33	
	Sipuncula nd		1,00	1,33	0,67	0,33	1,33	0,67	2,33	0,67	1,67	0,67
Densità totale			44,33	57,67	37,00	50,67	54,33	47,00	47,67	29,33	58,67	46,33
Ricchezza specifica totale			38	34	27	33	40	34	37	25	46	36

Tab. 3-XVI – Lista e biomassa (gr. 0,095 m⁻²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 1° survey post lavori. * = <0,001 gr. 0,095 m⁻².

Stazione		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)		100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
Briozoi											
	Briozoa nd									0,005	*
	<i>Triticella flava</i>										*
Cnidari											
Antozoi	Actiniaria nd						0,087				
	<i>Virgularia mirabilis</i>										0,005
Idrozoi	Hydroidea nd							0,008			*
Crostei											
Anfipodi	<i>Ampelisca diadema</i>		0,001							*	
	<i>Ampelisca intermedia</i>	*									
	<i>Carangoliopsis spinulosa</i>				*						
	<i>Gammaropsis</i> sp				*						
	<i>Harpinia dellavallei</i>			*	*						
	<i>Othomaera schmidtii</i>								*		
	<i>Paraphoxus oculatus</i>		*	*			*				*
	<i>Rhachotropis</i> sp		*								
Cumacei	Cumacea nd	*			*						
	<i>Eudorella truncatula</i>						*				
	<i>Leucon siphonatus</i>							*			*
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>		0,053			0,018	0,028			0,009	
	<i>Anapagurus bicorniger</i>										0,014
	<i>Callinassa subterranea</i>	0,019	0,001	0,002	0,001	0,001	0,006	0,009	0,021	0,006	0,048
	<i>Goneplax rhomboides</i>	0,016	0,136		0,012	0,003	0,014	0,159		0,009	0,006
	<i>Jaxea nocturna</i>						0,001				
	Paguridae nd									*	
	<i>Processa</i> sp									*	
	<i>Solenocera membranacea</i>									0,524	
	<i>Upogebia deltaura</i>									0,016	0,416
Isopodi	Bopyridae nd										0,003
	<i>Eurydice</i> sp							*			
	<i>Gnathia</i> sp		*			*				*	
Misidiacei	Misidiacea nd									0,001	
Tanaidacei	<i>Apseudes spinosus</i>	*									
	<i>Leptognathia</i> sp	*									
Echinodermi											
Echinodermi	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>		0,838	20,580					6,288		*
Oloturoidei	Holothuroidea nd		*	0,001	*			*	*		*
	<i>Labidoplax digitata</i>		0,298								
	<i>Trachythone elongata</i>							0,165			
Molluschi											
Bivalvi	<i>Anomia ephippium</i>									0,010	
	<i>Azorinus chamasolen</i>	0,339				*				0,002	
	<i>Nucula nitidosa</i>		0,002								
	<i>Nucula sulcata</i>	0,188	0,002	0,235							*
	<i>Parvicardium minimum</i>										
	<i>Phaxas adriaticus</i>								0,484		
	<i>Saccella commutata</i>	0,011				0,006	0,007				
	<i>Thyasira biplicata</i>		0,019	0,002				*		*	*
	<i>Timoclea ovata</i>						*	*		*	*
Caudofoveati	<i>Falcidens guttuosus</i>	0,001	0,001	0,001	*	0,001		0,001	*		
Gasteropodi	<i>Hyala vitrea</i>			0,001	0,001	0,001	*		*		
	<i>Syrnola fasciata</i>								*		
	<i>Turritella communis</i>						0,121			0,232	
Nemertini											
	Nemertea nd	*	*	*	0,049	*		*		*	
Platelminti											
	Platelminta nd					*					
Policheti											
	<i>Ampharete acutifrons</i>	*						*	*		*
	Ampharetidae nd	*	*			0,001		*	0,003	0,002	0,001
	<i>Amphicteis gunneri</i>						*				
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	*				0,001	*				
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	*	0,003	*	*	0,051	0,001
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	*		*	*			*		*	
	<i>Aponuphis brementi</i>	0,003								0,013	0,007

Tab. 3-XVI – Continuo.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
Policheti										
<i>Capitella capitata</i>							*			
Capitellidae nd	*			0,001	*	*	0,003	*		0,001
Chaetopteridae nd			0,038		0,026				*	
<i>Chaetozone caputesocis</i>		0,001				0,001				
<i>Chirimia biceps</i>							*			
Cirratulidae nd		0,002			*					
<i>Glycera alba</i>	0,001									
<i>Glycera rouxii</i>	0,003					0,013			0,006	0,004
<i>Glycera</i> sp	*	*	*	*	*	*	0,001	*	0,001	*
<i>Glycera tessellata</i>	*			0,002				*	*	0,001
<i>Goniada maculata</i>					*					
<i>Harmothoe</i> sp									*	
<i>Inermonephtys inermis</i>								*		
<i>Labioleanira yhleni</i>	0,002				0,057		0,013			
<i>Lumbrineris gracilis</i>						0,001	0,001		*	
Maldanidae nd	*									
<i>Marphysa bellii</i>	0,152	0,045	0,044	0,068	0,048	0,031		0,093	0,028	0,109
<i>Melinna palmata</i>	0,001		0,002			0,001	*		0,001	
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>		*								
<i>Minuspio cirrifera</i>	*			*						
<i>Nephtys hystrix</i>			0,001	0,006	0,009	0,001	0,033		0,010	0,017
Nereididae nd				*						
<i>Ninoe</i> sp	0,009	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001			
<i>Notomastus aberans</i>	0,004		*	0,001	0,020	0,011	0,012	0,010	0,007	0,011
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
<i>Ophiodromus flexuosus</i>								*	*	*
<i>Owenia fusiformis</i>				*						
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	*	0,001	0,003	0,001
Paraonidae nd	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,030	0,002	0,001	0,003	0,001
<i>Paraprionospio pinnata</i>									0,002	
Phyllodocidae nd					*					
Pilargidae nd		*		*	*		0,001		*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>		*					0,001	*		
<i>Prionospio</i> sp	0,001				0,001	*	*		*	*
Sabellidae nd									*	*
<i>Scalibregma inflatum</i>		0,001		*	0,001					
<i>Scoletoma</i> sp	*		0,002	0,010	*	0,002	0,002		*	
<i>Scoloplos armiger</i>		*	*	*	*	*	*	*		*
Sphaerodoridae nd					*					*
Spionidae nd			*	0,001	*		*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>				*						
<i>Stemaspis scutata</i>		0,413								
<i>Syllis parapari</i>									0,002	
<i>Syllis</i> sp							*			
Terebellidae nd					0,001					
<i>Terebellides stroemi</i>	0,021					0,002			*	
<i>Trachytrypane jeffreysii</i>					0,001					
Sipunculidi										
<i>Aspidosiphon muelleri</i>					0,012				0,029	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,001	0,001			0,001	0,001	0,001			
<i>Phascolion strombus</i>									0,030	
Sipuncula nd	0,001	0,003	0,006	*	0,001	0,001	0,017	*	0,002	*
Biomassa totale	0,781	1,831	20,920	0,161	0,221	0,367	0,437	6,904	1,009	0,649

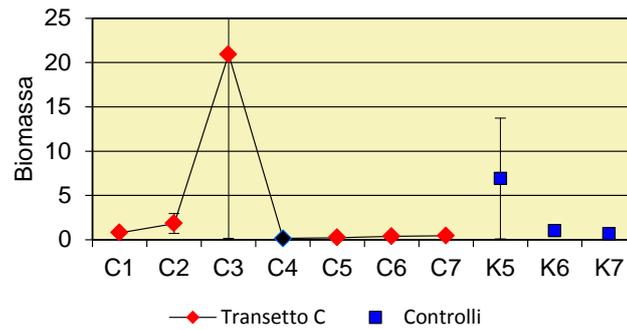


Fig. 3.8 – Biomassa (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nel corso del 1° survey post lavori.



Fig. 3.9 - Esempi di *Brissopsis atlantica mediterranea* rinvenuti in una replica prelevata dai siti C3 e K5.

3.2.3.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute

I popolamenti rinvenuti sono risultati costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile, sia in termini di numero di taxa che di densità (Tab. 3-XVIII).

In particolare, il gruppo biocenotico predominante è stato quello degli organismi Limicoli (Lim), ovvero legati alla presenza di fango, seguito dagli Indicatori di Materia Organica nei sedimenti (MO), seppure con valori di Ricchezza specifica e Densità molto inferiori ai primi. Gli altri gruppi, ove presenti, sono apparsi poco rilevanti per numero di taxa e individui.

Tab. 3-XVII - Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti durante il 1° survey post lavori e determinati a livello di specie suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XV.

a)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)										
Limicoli (Lim, VTC, VB)	13	16	11	11	16	14	11	8	12	11
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1	2		2		1	2	3	3	1
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	2	2	1		1	3		1	2	3
Minuticoli (Minut)	1		1			1	1		1	
Indicatori di Materia Organica (MO)	7	2	4	5	4	5	6	3	7	4
Substrato duro (C, HP, Sd)	2			1				2	1	1
Larga ripartizione ecologica (Lre)		1	1	1	1	2	2	1	3	2

b)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)										
Limicoli (Lim, VTC, VB)	19,00	20,67	11,67	14,00	17,67	20,00	18,00	8,67	15,33	12,33
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,33	1,00		0,67		0,33	0,67	1,00	1,00	0,33
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	0,67	0,67	0,33		0,33	1,00		0,33	1,00	2,00
Minuticoli (Minut)	0,33		0,67			0,33	0,33		0,33	
Indicatori di Materia Organica (MO)	6,33	4,00	4,33	7,00	6,00	5,00	5,33	5,00	9,67	6,33
Substrato duro (C, HP, Sd)	0,67			0,33				1,00	0,33	1,00
Larga ripartizione ecologica (Lre)		0,67	0,33	1,67	1,33	2,00	1,33	1,00	1,00	0,67

3.2.3.3 Dominanza

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati gli 8 taxa che complessivamente hanno costituito più del 67% delle comunità, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 3.10).

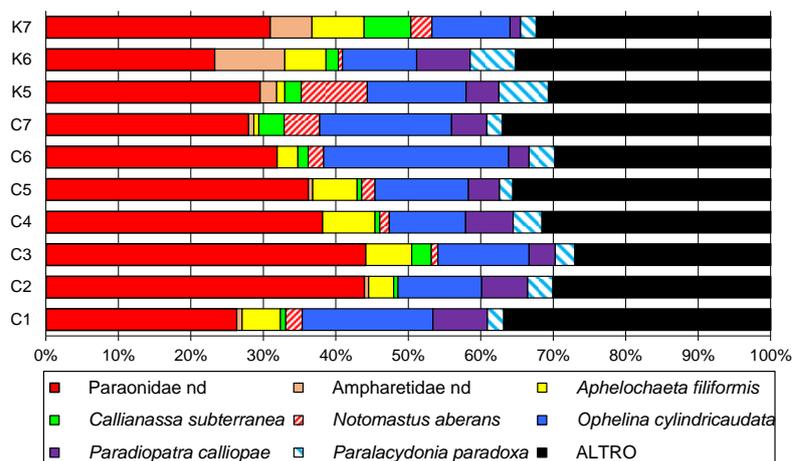


Fig. 3.10 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate durante il 1° survey post lavori.

I policheti paraonidi sono risultati il taxon principale ovunque seguiti da *O. cylindricaudata*, con percentuali comprese tra il 23,30% (K6) e il 44,14% (C3) e tra il 10,23% (K6) e il 25,53% (C6) rispettivamente. Tutti gli altri taxa riportati in fig. 3.10 hanno presentato percentuali inferiori al 10%.

Le specie secondarie, catalogate insieme in “altro”, sono apparse ben rappresentate in tutti i siti oscillando tra il 27,03% (C3) e il 37,06% (C7).

In generale, l’andamento delle curve di dominanza cumulativa indica una ripartizione degli organismi tra le specie abbastanza simile tra i siti monitorati (fig. 3.11). Il lieve distacco delle curve relative a C3 e K5 è imputabile al minor quantitativo di specie rinvenuto nelle due stazioni (vedi Cap. 3.2.3.4).

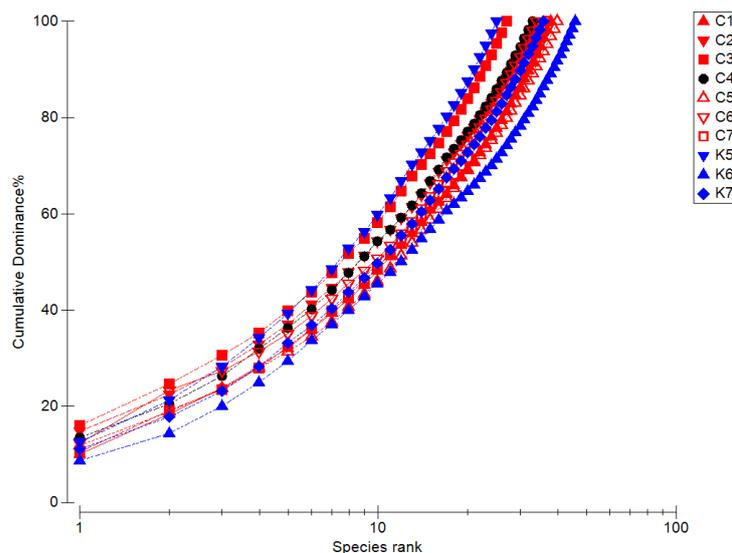


Fig. 3.11 – Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nel 1° survey post lavori.

3.2.3.4 Ricchezza specifica totale (S)

Nell’ultimo survey in tutta l’area indagata sono stati rinvenuti 109 taxa, principalmente policheti, crostacei e molluschi (Tab. 3-XVIII).

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

Briozoi	2
Cnidari	3
Crostacei	26
Echinodermi	4
Molluschi	13
Nemertini	1
Platelminti	1
Policheti	55
Sipunculidi	4
TOTALE	109

Lungo il transetto il numero maggiore di specie è stato raggiunto in C5 (40) e il minore in C3 (27; fig. 3.12). S è diminuita da C1 a C3 e aumentata sino a C5, con delle oscillazioni

nelle ultime due stazioni. Ai controlli è stata rilevata una maggiore variabilità, variando l'indice tra 25 e 46.

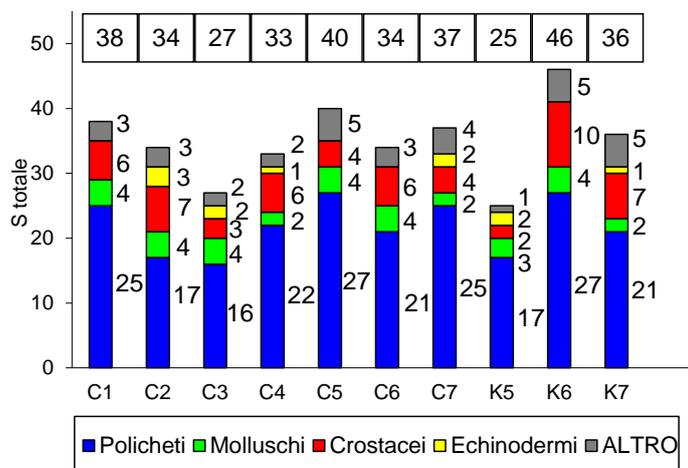


Fig. 3.12 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate durante il 1° survey post lavori. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

I policheti hanno rappresentato il gruppo principale in tutte le stazioni, seguiti da crostacei e/o molluschi. Gli echinodermi, ove presenti, sono stati rappresentati al massimo da 3 specie (C2).

Il più alto numero di specie esclusive è stato ottenuto nel controllo K6 (9, corrispondente a quasi il 20% dell'intero popolamento; Tab. 3-XV), mentre il sito C3 è risultato l'unico a non presentarne alcuna.

3.2.3.5 Ricchezza specifica media (S_m)

L'andamento della Ricchezza specifica media è risultato analogo a quello già descritto per S, con il massimo registrato in C5 ($20,67 \pm 4,10$) e il minimo in C3 ($14,00 \pm 2,00$; fig. 3.13). Tutti i valori ottenuti sono rientrati nel range dei controlli, dove l'indice è oscillato tra $13,67 \pm 1,67$ (K5) e $22,00 \pm 2,52$ (K6).

3.2.3.6 Diversità specifica (H')

Anche il trend della Diversità specifica è risultato simile a quelli degli indici precedentemente descritti (fig. 3.14). I valori sono apparsi contenuti, probabilmente a causa dell'elevata dominanza di un numero limitato di taxa. Lungo il transetto sono oscillati tra $1,958 \pm 0,237$ (C3) e $2,514 \pm 0,224$ (C1), risultando tutti comparabili con almeno un controllo dove H' è variato tra $2,256 \pm 0,312$ (K5) e $2,612 \pm 0,204$ (K6).

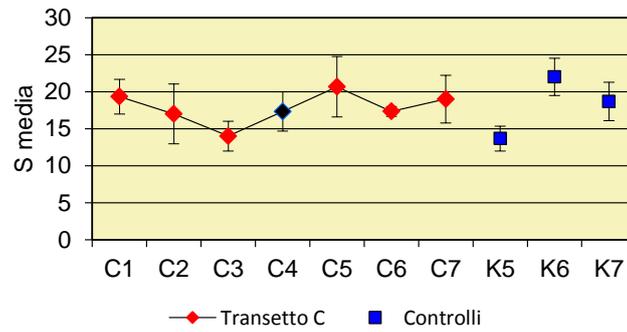


Fig. 3.13– Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati durante il 1° survey post lavori.

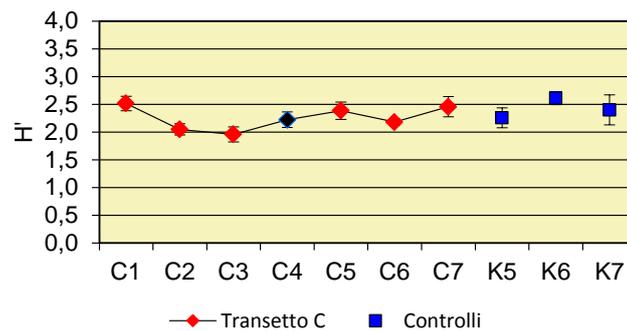


Fig. 3.16 – Diversità specifica (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati durante il 1° survey post lavori.

3.2.3.7 MultiDimensional Scaling (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità dei singoli taxa campionati nel 1° post lavori ha evidenziato una generale omogeneità in tutto l'ambiente (similarità al 53%; fig. 3.15a), confermando i risultati degli indici biotici precedentemente descritti.

Tale omogeneità è stata determinata dai quantitativi molto simili dei taxa principali, come *A. filiformis*, *O. cylindricaudata* e *Paraonidae* nd (figg. 3.15b - 3.15d).

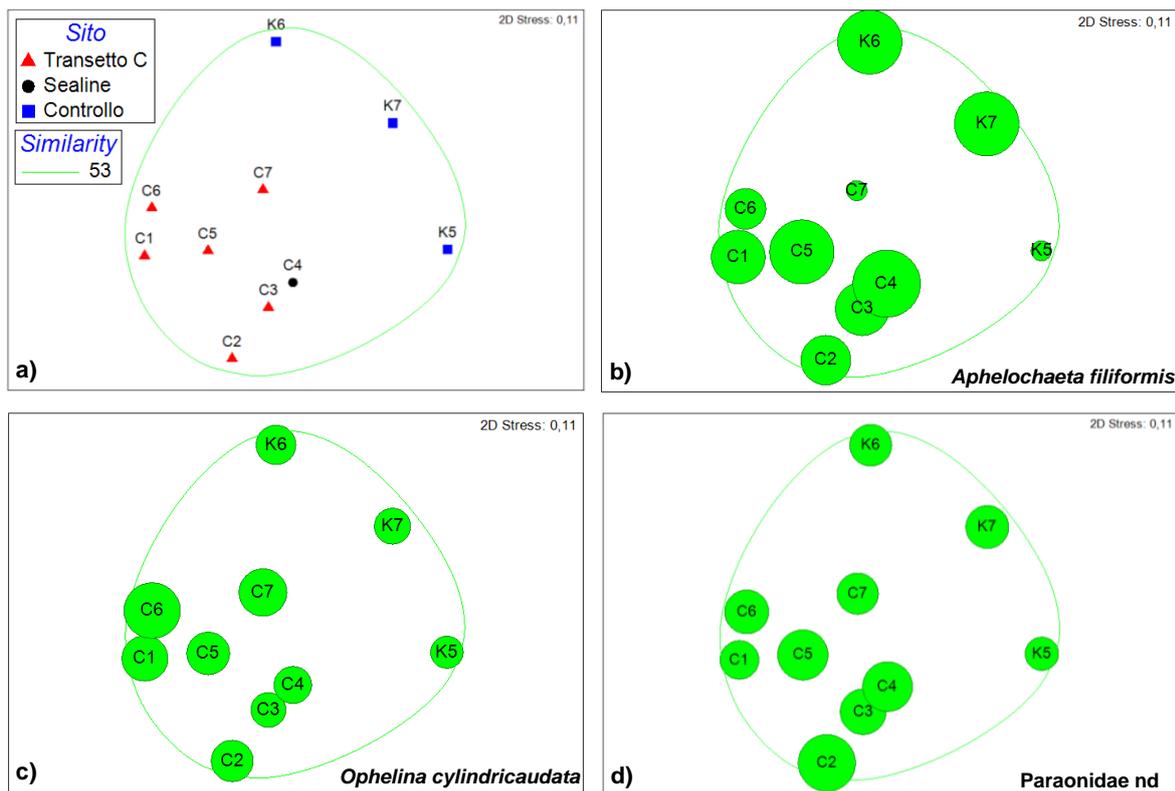


Fig. 3.14 – Rappresentazione bidimensionale dei siti monitorati durante il 1° survey post lavori tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.2.3.8 Valutazione dello stato ambientale

Indice W di Clarke

Questo indice ha evidenziato la presenza di un ambiente moderatamente disturbato nel tratto del transetto compreso tra C4 e C6, classificando tutti gli altri siti compresi i controlli come leggermente disturbati (Tab. 3-XIX).

Tab. 3-XIX – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nel 1° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente alla condotta sottomarina.

Stazione	W	Classificazione ambientale
C1	0,390	Leggermente disturbato
C2	0,402	Leggermente disturbato
C3	0,595	Leggermente disturbato
C4	0,296	Moderatamente disturbato
C5	0,273	Moderatamente disturbato
C6	0,285	Moderatamente disturbato
C7	0,342	Leggermente disturbato
K5	0,606	Leggermente disturbato
K6	0,336	Leggermente disturbato
K7	0,402	Leggermente disturbato

Indice AMBI

L'indice AMBI ha fornito risultati leggermente più ottimistici rispetto a W, classificando tutti i siti monitorati come leggermente disturbati eccetto C1 risultato non disturbato per la predominanza percentuale degli organismi appartenenti al I gruppo ecologico (specie sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali; Tab. 2-XX). In tutte le altre stazioni è stata invece rilevata una maggiore percentuale di specie indifferenti all'arricchimento organico (II gruppo), che hanno rappresentato almeno il 43% dei popolamenti nelle varie stazioni. I taxa tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti (III gruppo) hanno rappresentato il terzo gruppo più rappresentato ovunque, mentre il IV e il V gruppo ecologico (specie opportuniste di II e I ordine, rispettivamente) sono risultati poco presenti o del tutto assenti nei popolamenti associati ai diversi siti monitorati.

Tab. 3-XX – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato durante il 1° survey post lavori 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. In rosso il sito corrispondente alla condotta sottomarina.

Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
C1	43,75	40,63	10,94	3,91	0,78	1,16	Non disturbato
C2	30,99	57,31	9,94	1,75	0	1,24	Leggermente disturbato
C3	28,83	54,05	15,32	1,80	0	1,35	Leggermente disturbato
C4	24,67	53,33	19,33	1,33	1,33	1,52	Leggermente disturbato
C5	31,88	51,25	15,63	0,63	0,63	1,30	Leggermente disturbato
C6	36,69	48,20	12,23	1,44	1,44	1,24	Leggermente disturbato
C7	39,01	42,55	13,48	1,42	3,55	1,32	Leggermente disturbato
K5	28,24	50,59	17,65	0	3,53	1,50	Leggermente disturbato
K6	33,97	51,92	12,18	1,92	0	1,23	Leggermente disturbato
K7	25,00	51,56	22,66	0	0,78	1,50	Leggermente disturbato

Indice BENTIX

L'indice BENTIX ha fornito risultati intermedi rispetto agli indici precedenti, classificando tutti i siti campionati come leggermente disturbati, ad eccezione di C3 e C4 risultati moderatamente disturbati a causa della preponderanza di taxa tolleranti su quelli sensibili (Tab. 2-XXI).

Stato ecologico

In Tab. 3-XXII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici precedentemente trattati. Le due stazioni del transetto

posizionate a 100 m di distanza dalla condotta (C1 e C7) e quella a 60 m a SW (C2) hanno presentato uno stato buono analogamente ai tre controlli.

A distanze inferiori lo stato è risultato buono/moderato, diventando moderato in corrispondenza del sea-line.

Tab. 3-XXI - Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale per i siti monitorati durante il 1° survey post lavori.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
C1	3,95	Leggermente disturbato
C2	3,57	Leggermente disturbato
C3	3,41	Moderatamente disturbato
C4	3,26	Moderatamente disturbato
C5	3,64	Leggermente disturbato
C6	3,76	Leggermente disturbato
C7	3,93	Leggermente disturbato
K5	3,61	Leggermente disturbato
K6	3,73	Leggermente disturbato
K7	3,54	Leggermente disturbato

Tab. XXIV – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici.

	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
C1	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
C2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
C3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
C4	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
C5	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
C6	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
C7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
K5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
K7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono

3.3. CONCLUSIONI

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

Il monitoraggio comprende 3 fasi:

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

Data la lunghezza limitata del sea-line (2,5 km) le indagini sono state svolte lungo un transetto intersecante la struttura lungo il quale sono state posizionate a distanze crescenti 7 stazioni di campionamento e in tre controlli.

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nel 1° survey successivo alla posa in opera della struttura (inverno 2016).

Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti - L'area interessata dalla posa del sea-line è caratterizzata da sedimenti per lo più sabbio-siltosi. IPA e idrocarburi totali sono risultati inferiori ai limiti di rilevabilità ovunque; i metalli pesanti hanno presentato concentrazioni modeste ovunque e confrontabili tra tutti i siti indagati.

Al momento non ci sono evidenze di contaminazione.

Ecotossicologia dei sedimenti - Nel 1° survey condotto dopo la posa della condotta sottomarina i sedimenti si sono dimostrati ottimali per la crescita algale di *Dunaliella tertiolecta*, per la bioluminescenza di *Vibrio fischeri* e per la sopravvivenza dell'anfipode *Corophium orientale*. Il test riguardante lo sviluppo larvale del mollusco bivalve *Crassostrea gigas* ha rilevato una tossicità bassa ovunque eccetto nel sito a 60 a NW del sea-line (tossicità assente). Essendo stata osservata tossicità anche nel controllo non vi sono evidenze di un'influenza da parte della condotta sottomarina sull'esito del test. Infine, la maggior parte dei metalli ricercati nel test di bioaccumulo condotto utilizzando policheti afferenti alla specie *Hediste diversicolor* è risultata in quantità inferiori al limite di rilevabilità o alla concentrazione relativa al bianco. Solo per arsenico e nichel è stato registrato un bioaccumulo diffuso che ha coinvolto anche il controllo; pertanto, anche in questo caso la condotta non sembra aver influito sul comportamento di questi metalli. Cadmio e mercurio, invece, sono stati bioaccumulati solo negli organismi testati sul sedimento proveniente dal sito posizionato sul sea-line. Si attendono gli esiti dei futuri

monitoraggi per poter esprimere un giudizio in merito.

Indagini sulla comunità bentonica - Nel 1° survey post lavori di installazione del sea-line effettuato nell'inverno 2016 la maggior parte dei taxa censiti è risultata tipica di fondo mobile, con una predominanza di limicoli, seguiti (in quantitativi più modesti) dagli organismi indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti. Si tratta soprattutto di policheti, crostacei e molluschi; gli echinodermi sono stati rinvenuti in un numero ridotto di stazioni e con al massimo 3 specie.

In tutta l'area investigata è stata rilevata un'elevata dominanza di pochi taxa (es.: *A. filiformis*, *Paraonidae* nd, *O. cylindricaudata*, *P. calliopae*) e una notevole omogeneità tra le stazioni monitorate per tutti gli indici biotici utilizzati, confermata dai risultati dell'MDS.

La valutazione dello stato ecologico ha messo in evidenza uno stato buono/moderato nei siti del transetto posizionati a 30-60 m dalla condotta e uno stato moderato in corrispondenza del sea-line. A distanze maggiori lo stato è risultato buono, analogamente ai controlli.

4. BIBLIOGRAFIA

- Alves L.C., Allen L.A., Houk R.S. 1993. Measurement of vanadium, nickel, and arsenic in seawater and urine reference materials by inductively coupled plasma mass spectrometry with cryogenic desolvation. *Anal. Chem.*, 65(18): 2468-2471.
- Annibaldi A., Truzzi C., Illuminati S., Scarponi G. 2009. Recent sudden decrease of lead in Adriatic coastal seawater during the years 2000–2004 in parallel with the phasing out of leaded gasoline in Italy. *Mar. Chem.*, 113: 238–249.
- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- Artegiani A. 1996. *Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols*. MAST II Mediterranean Targeted Project. 34 pp.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 1492–1514.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515– 1532.
- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment-associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA: 1072-1121.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalgae*. ASTM E1218-04-E1. 14 pp.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724-98. 21 pp.
- Augier H. 1992. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthique de la Méditerranée*. Conseil de l'Europe. U.E.R. Des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Luminy Marseille. 59 pp.
- Azzali M. 1980. Summary of the results of the research project "Evaluation of pelagic resources using electroacoustic instruments" from 1975 to 1980. *FAO Fish Rep.*, 239:33-42.
- Azzali M., Cosimi G., Luna M. 1983. Some applications and preliminary results of acoustic methods in monitoring resources in the north and middle Adriatic sea. *FAO Fish Rep.*, 290:201-215.
- Azzali M., Buracchi G., Conti S., Gambetti S., Luna M. 1985. Relationships between the forms of pelagic fish distribution and nycthemeral periods. A tentative model of behaviour. *Oebalia*, 11:471-488.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Baltëza B. 1985. On the structural characteristics of sardine schools (*Sardina pilchardus* Walb.) along the Albanian coast in the winter period. *FAO Fish Rep.*, 342:161-163.
- 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.
- Berarini M., Cabras M. 2008. *Studio bibliografico: Concrezioni biogeniche Bonaccia - Bonaccia Est. Rapporto finale*. Rapporto per ENI. 24 pp.
- Béthoux J.P., Courau P., Nicolas E., Ruiz-Pino D. 1990. Trace metal pollution in the Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta*, 13: 481–488.

- Bettencourt A., Bricker S.B., Ferriera J.G., Franco A., Marques J.C., Melo J.J., Nobre A., Ramos L., Reis C.S., Salas F., Silva M.C., Simas T., Wolff W. 2004. *Typology and reference conditions for Portuguese transitional and coastal waters*. Instituto da Agua. Instituto do Mar, Lisbon.
- Bianchi C.N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F., Morri C. 1993. Benthos dei mari toscani. I: Livorno – Isola d'Elba (Crociera ENEA 1985). *ENEA Arcipelago Toscano – Serie Studi Ambientali*: 263-291.
- Bohnsack J.A., Jhonson D.L., Ambrose R.F. 1991. *Ecology of artificial reef habitats and fishes*. Pages 61-108, in: Seaman W.J., Sprague L.M. (Eds.), *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*. Academic Press. San Diego, California.
- Bombace G., Fabi G., Fiorentini L., Speranza S. 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2-3): 559-580.
- Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.
- Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.
- Brickill M.J., Lee S.Y., Connolly R.M., 2005. Fishes associated with artificial reefs: attributing changes to attraction or production using novel approaches. *J. Fish Biol.*, 67B: 53-71
- Canli M., Furness R.W. 1995. Mercury and cadmium uptake from seawater and from food by the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 14: 819-828.
- Chimenz Gusso C., Gravina M.F., Maggiore F.R. 2001. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 175-182.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24(2): 133-140.
- Crompton T.R. 2006. *Analysis of Seawater. A Guide for the Analytical and Environmental Chemist*. CRC Press. 297 pp.
- DIRETTIVA 2008/105/CE, 2008. *Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio*. Parlamento Europeo e Consiglio. 16 dicembre 2008.
- Dong Y., Rosenbaum R.K., Hauschild M.Z. 2016. Assessment of metal toxicity in marine ecosystems: comparative toxicity potentials for nine cationic metals in coastal seawater. *Environ. Sci. Technol.*, 50: 269–278.
- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests*. EPA/600/R-93/183. 246 pp.
- EPA. 2003a. *Volatile organic compounds in various sample matrices using equilibrium headspace analysis*. EPA METHOD 5021A. 25 pp.
- EPA. 2003b. *Nonhalogenated organics using gc/fid*. EPA METHODS 8015D. 37 pp.
- EPA. 2007a. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. EPA METHOD 7473. 15 pp.

- EPA. 2007b. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. EPA METHOD 7010. 24 pp.
- EPA. 2007c. *Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry*. EPA METHOD 6010C. 34 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001a. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M. 2001b. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Anemone (1999-2000). Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 119 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Panfili M. 2002. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Calpurnia. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2000-2001)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 65 + IX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”*. Rapporto conclusivo di due anni di indagine. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + xlvi pp.
- Fabi G., Bolognini L., De Ranieri S., Domenichetti F., Nasci C., Penna P., Santelli A., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea. II anno dopo la posa in opera della piattaforma, III anno dopo la posa del sea-line - Rapporto finale (estate 2006 - estate 2009)*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 307 + XLV pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L., Spagnolo A. 2016a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. II anno successivo ai lavori di installazione (2012). Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 228 + LXXIII pp.

- Fabi G., Bolognini L., Campanelli A. De Biasi A.M., Girasole M., Gomiero A., Malaspina S., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. II anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto finale (estate 2011 - inverno 2012)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 271 + CV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 2° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n.7*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 222 + LVI pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., M. Girasole, A. Gomiero, Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 2° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n.7*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 266 + LV pp.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés*. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organizations. Rome, FAO. 760 pp.
- Grasshoff K., Cremling K., Erhardt M. 1999. *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, Germany. 600 pp.
- ICRAM. 2001. *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)*.
- ICRAM-APAT. 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*. 72 pp.
- IRSA-CNR. 1994. *Metodi analitici per le acque*. Istituto poligrafico e zecca dello Stato, Roma.
- ISO 2004. *Determination of content of hydrocarbon in the range C10 to C40 by gas chromatography*. ISO 16703:2004. 18 pp.
- ISO. 2005. *Water quality - determination of acute toxicity of marine or estuarine sediment to amphipods*. ISO 16712:2005(E). 15 pp.
- Law R.J. 1978. Determination of petroleum hydrocarbons in water, fish and sediments following the Ekofisk blow-out. *Mar. Poll. Bul.*, 9: 321-324.
- Løkkeborg S., Humborstad O.B., Jorgensen T., Soldal A.V. 2002. Spatio-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platform. *ICES J. Mar. Sci.*, 59:2 94-299.
- 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.
- Love M.S., Caselle J., Snook L. 2000. Fish assemblages around seven oil platforms in the Santa Barbara Channel area. *Fish. Bull.*, 98: 96-117.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113 (C05S90), doi:10.1029/2007JC004370.
- May R.M. 1979. Patterns of Species Abundance and Diversity. Pagg. 81-120, in: Cody M.L. and Diamond J.M. (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*, 4.
- Middelburg J.J., Hoede D., Van Der Sloot H.A., Van Der Weijden C.H., Wijkstra J. 1988. Arsenic, antimony and vanadium in the North Atlantic Ocean. *Geochim. cosmochim. Acta*, 52: 2871-2878.

- Mottet M.G., 1985. Enhancement of the marine environment and aquaculture in Japan. Pages 13-122 in: D'Itri F.M. (ed.), *Artificial reefs*. Chelsea (USA), Lewis Publ.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.*, 55: 13-29.
- Mužinić R. 1964. Neka opažanja o reagiranju srdele (*Sardina pilchardus* Walb.) na svjetlo u eksperimentalnim uvjetima. *Acta Adriatica*, 11(30):219-226.
- 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.
- Palomera I. 1999. Vertical distribution of eggs and larvae of *Engraulis encrasicolus* in stratified waters of the western Mediterranean. *Mar Biol.*, 111: 37-44.
- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.
- Pitcher T.J. 1986. Functions of shoaling behaviour in teleosts. Pagg. 294-337, in: Pitcher T.J. (Ed.), *The behaviour of teleost fishes*. John Hopkins Press, Baltimore.
- Plounevez S., Champalbert G. 1999. Feeding behaviour and trophic environment of *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Bay of Biscay. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 49: 177-191.
- Plounevez S., Champalbert G. 2000. Diet, feeding behaviour and trophic activity of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Gulf of Lions (Mediterranean Sea). *Oceanol. Acta*, 23:175-192.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda)*. Vol. 1. Pubbl. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 1990. Ossigeno disciolto. Pagg. 91-103. In: Innamorati M., Ferrari I., Marino D., Ribera d'Alcalà M. (Eds.), *Metodi nell'ecologia del plancton marino*. Nova Thalassia, Vol. 11.
- Salen-Picard C. 1985. Indicateurs biologiques et sedimentation en milieu circalitoral Méditerranéen. *Rapp. p. v. Réu. Comm. Int. pour l'Explor. Sci. Mer Médit.*, 29: 5.
- Scarcella G., Grati F., Fabi G. 2011. Temporal and Spatial Variation of the Fish Assemblage Around a Gas Platform in the Northern Adriatic Sea, Italy. *Turkish J. Fish. Aquatic Sci.*, 11: 433-444.
- Schlitzer R., 2016. *Ocean Data View*. <http://odv.awi.de>.
- Schroeder D.M., Ammann J.A., Harding L.A., MacDonald W., Golden T. 1999. *Relative habitat value of oil and gas production platforms and natural reefs to shallow water fish assemblages in the Santa Maria Basin and Santa Barbara Channel, California*. Prox. Fifth Calif. Islands Symp.: 493-498.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Medit. Mar. Sci.*, 3: 77-111.

- Spagnolo A., Punzo E., Santelli A., Scarcella G., Strafella P., Grati F., Fabi G. 2014. Offshore platforms: comparison of five benthic indicators for assessing the macrozoobenthic stress level. *Mar. Pollut. Bull.*, 82: 55-65.
- Stanley D.R., Wilson C.A. 1990. A fishery-dependent based study of fish species composition and associated catch rates around oil and gas structures off Louisiana. *Fish. Bull.*, 88: 719-730.
- Stanley D.R., Wilson C.A. 1997. Seasonal and spatial variation in the abundance and size distribution of fishes associates with a petroleum platform in the northern gulf of Mexico. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*, 54: 1166-1176.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- Teixeira H., Salas F., Pardal M.A., Marques J.C. 2007. Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystem: a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.
- UNI EN ISO. 2000. *Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Skeletonema costatum e Phaeodactylum tricornutum*. UNI EN ISO 10253:2000. 14 pp.
- UNESCO. 1983. *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*. Tech. Pap. Mar. Sci., 44. 53 pp.
- UNESCO. 1988. *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data*. Tech. Pap. Mar. Sci., 54. 59 pp.
- USEPA. 1991. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms -Section 14- Green alga Selenastrum capricornutum growth test - Method 1003.0*. EPA/600/4-91/002. 334 pp.
- USEPA. 1995. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluent and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms*. EPA/600/R-95/136. 15 pp.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J. C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Wang, X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 – 633.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (eds). 1986. Fishes of the North- Eastern Atlantic and Mediterranean. UNESCO, Voll. 1-2-3. 1473 pp.
- Winkler L.W. 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelosten Sauerstoffes. *Chem. Ber.*, 21: 2843-2855.
- Zar J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 663 pp.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A. 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-263.
- Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004. The use of BENTIX in Assessing Ecological Quality of coastal waters across the Mediterranean. Proceedings of an international workshop on the promotion and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems. Intergovernmental Oceanographic Commission. Workshop Report n. 195: 19-22.

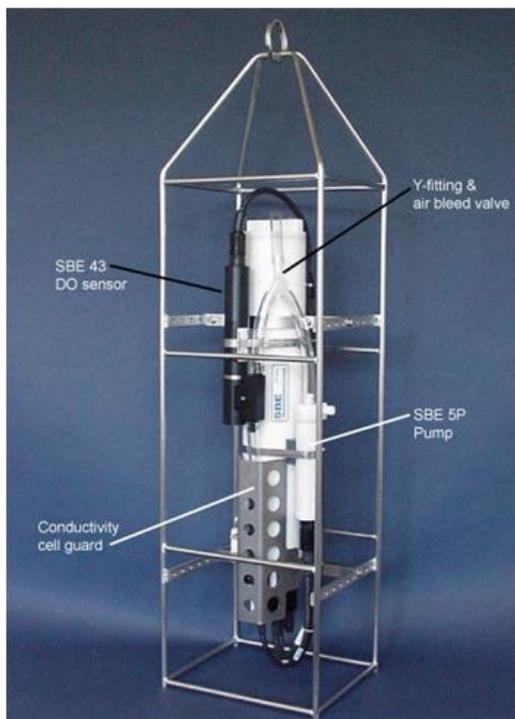
ALLEGATO A

SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

UTILIZZATA NELLE INDAGINI

A1
**INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA
D'ACQUA**

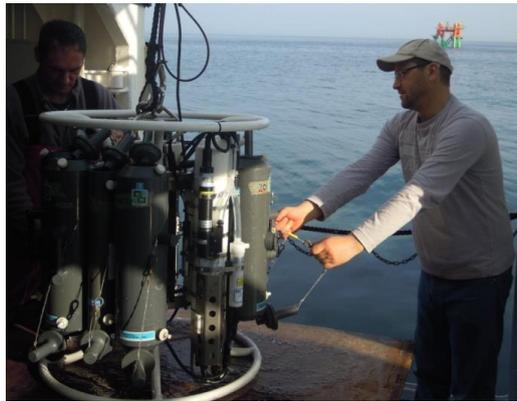
A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



CTD: Sonda multiparametrica CTD SBE 19plusV2 dotata dei seguenti sensori:

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Data calibrazione
Temperatura	Sea Bird Electronics	Interno	$\pm 0,005 \text{ }^\circ\text{C}$	-5 : +35 $^\circ\text{C}$	12/02/2014
Conducibilità	Sea Bird Electronics	Interno	$\pm 0,0005 \text{ S m}^{-1}$	0 : 9 S m^{-1}	12/02/2014
Pressione	Sea Bird Electronics	Druck	$\pm 0,1 \text{ \%}$ fondo scala	0: 600 m	04/02/2014
Ossigeno	Sea Bird Electronics	SBE 43	$\pm 0,1 \text{ ml L}^{-1}$	0 : 15 ml L^{-1}	calibrazione con Winkler ad ogni campagna
Fluorimetro	Turner Designs	Cyclops-7	$\pm 0,01 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$	0 : 50 $\mu\text{g L}^{-1}$	calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Torbidimetro	Turner Designs	Cyclops-7	$\pm 0,01 \text{ NTU}$	0 : 300 NTU	calibrazione con campioni di TSM ad ogni campagna

Campionatore: SBE 32C Carousel Water Sampler con bottiglie GO.



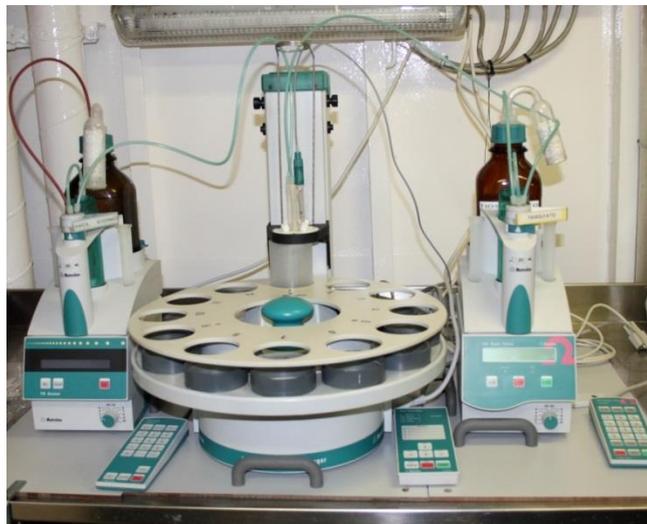
A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
ADCP	Teledyne RD Instruments	Sentinel V	0,1 cm/s	$\pm 0,3$ cm/s	± 5 m/s (default) ± 20 m/s (maximum)	Ad ogni deployment

Sensore	Costruttore	Modello	Risoluzione	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
Temperatura	Teledyne RD Instruments	Sentinel V	0,1°C	$\pm 0,4$ cm/s	da -5°C a + 45°C	ad ogni deployment

A1-III TRITINO per la misurazione dell'ossigeno disciolto con il metodo Winkler



Sistema di titolazione automatico con Metrohm Basic Titrino 794 e campionatore

A1-IV ANALIZZATORE COLORIMETRICO AUTOMATICO EasyChem Plus™ per l'analisi dei sali nutritivi



A1-V HPLC per l'analisi dei pigmenti



A1- VI Analisi metalli pesanti - Spettrofotometro di massa ICP-MS 7500ce



A1- VII Analisi del Silicio - Spettrofotometro a emissione atomica ICP-AES Vista-MPX



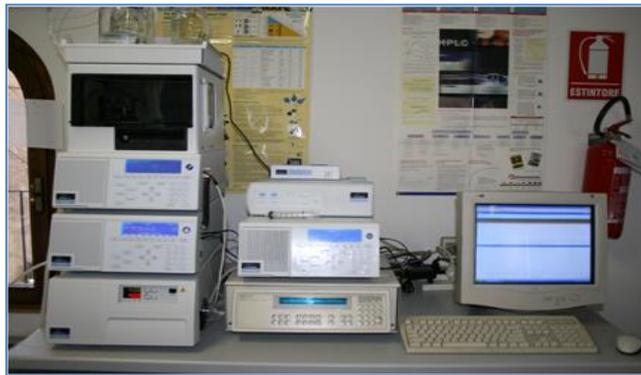
A1- VIII Analisi BTEX - Spettrofotometro di massa quadrupolare HEWLWTT-PACKARD GC/MS 5973 Network



**A1- IX Analisi Glicole etilenico e Idrocarburi totali -
Gascromatografo GC FISONI INST.**



**A1- X Analisi cromatografica degli IPA - Cromatografo liquido HPLC Perkin
Elmer PE 200, accoppiato a un rivelatore a fluorescenza PE serie 200A**



**A1- XI Analisi cromatografica degli IA - Gascromatografo Agilent
7820A accoppiato a un rivelatore di massa sistema MSD Agilent
Serie 5977A.**



A2

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

A2-I BOX-CORER per il prelievo dei campioni



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

A2-II BILANCIA ELETTRONICA



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

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

A2-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.

A2-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.

A2-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.

A2-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.

A2-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.

A2-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.



A2-IX VARIAN ICP-720ES per la misurazione di ALLUMINIO, BARIO, FERRO, CROMO, NICHEL, RAME, SILICIO, VANADIO e ZINCO



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

A2-X ICP-MS Agilent Mod. 7700 per la misurazione dell'INDIO



A3

INDAGINI SULLA COMUNITA' BENTONICA

A3-I BENNA VAN VEEN



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

A3-II SETACCIO



Materiale	Lato maglia (mm)
Acciaio inox	0,5

A3-III MICROSCOPIO STEREO ZEISS STEMI 2000-C



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

A3-IV MICROSCOPIO OTTICO ZEISS AXIOLAB



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

A3-V BILANCIA ANALITICA

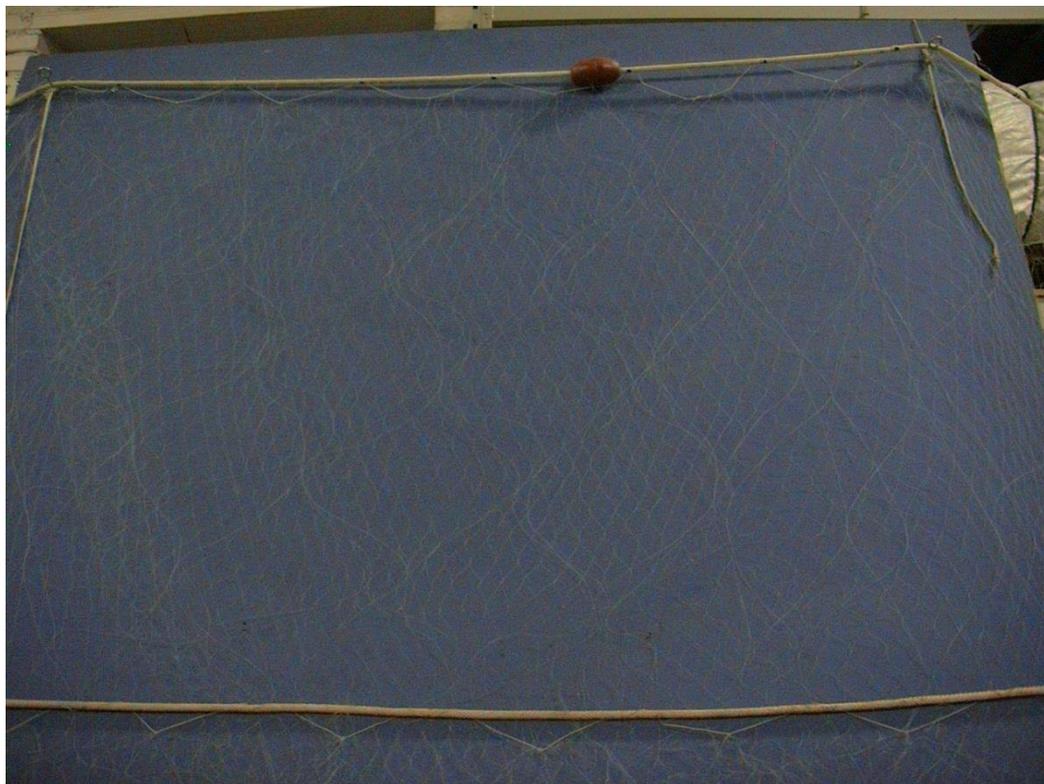


Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Capacità
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

A4

INDAGINI SULLA COMUNITA' ITTICA

A4-I RETE TREMAGLIO



Lunghezza totale: 300 m

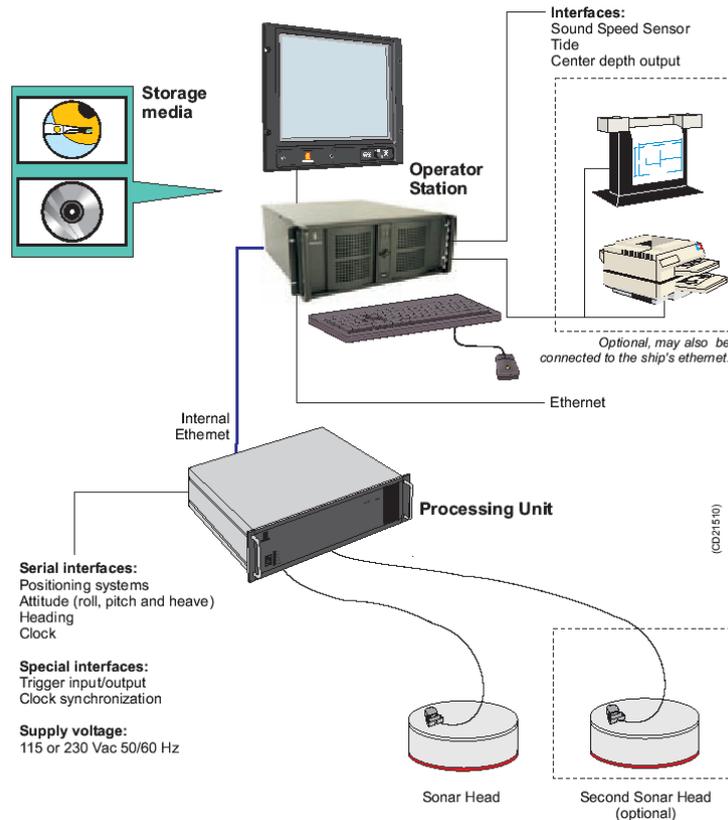
	Pannello interno	Pannello esterno
materiale	Monofilamento di poliammide	Monofilamento di poliammide
altezza (m)	6	3
apertura maglia stirata (mm)	72	400
diametro filo (mm)	0,18	0,30
rapporto di armamento	0,35	0,50

	Lima dei galleggianti	galleggianti	Lima dei piombi
materiale	poliammide		
diametro (mm)	7		
quantità ogni metro		1	
tipo		B19-70	
spinta (g)		55	
peso (g/m)			120

A4-II MULTIBEAM ECHOSOUNDER KONGSBERG EM 3002

Features

The EM 3002 system uses frequencies in the 300 kHz band. This is an ideal frequency for shallow water applications, as the high frequency ensures narrow beams with small physical dimensions. At the same time, 300 kHz secures a high maximum range capability and robustness under conditions with high contents of particles in the water.



EM 3002 uses a powerful sonar processor unit in combination with 1 or 2 compact sonar heads. The high computing power of the EM 3002 sonar processor makes it possible to apply sophisticated and exact signal processing algorithms for beamforming, beam stabilisation, and bottom detection. In High Density processing mode the system has close to uniform acoustic footprints and resolution over the whole swath width, and therefore a much improved capability to detect objects and other details on the bottom.

EM 3002 will in addition to bathymetric soundings, produce an acoustic image of the seabed. The image is obtained by combining the acoustic return signals inside each beam, thus improving signal to noise ratio considerably, as well as eliminating several artifacts related to conventional sidescan sonars. The acoustic image is compensated for the transmission source level, receiver sensitivity and signal attenuation in the water column, so that reliable bottom backscatter levels in dB are obtained. The image is also compensated for acoustic ray bending, and thus completely geo-referenced, so that preparation of a sonar mosaic for a survey area based upon data from several survey lines is easy. Objects observed on the seabed image are correctly located and their positions can be readily derived.

Technical specifications

Operational specifications

Frequencies.....	.293, 300, 307 kHz
Number of soundings per ping:	
Single sonar head.....	Max 254
Maximum ping rate.....	40 Hz
Maximum angular coverage:	
Single sonar head.....	130 degrees
Pitch stabilisation.....	Yes
Roll stabilisation.....	Yes
Heave compensation.....	Yes
Pulse length.....	150 μ s
Range sampling rate.....	14, 14.3, 14.6 kHz
Depth resolution.....	1 cm
Transducer geometry.....	Mills cross
Beam spacing.....	Equidistant or equiangular

Beamforming:

- Time delay with shading
- Dynamically focused receive beams

Seabed image data

- Composed from beamformed signal amplitudes
- Range resolution 5 cm.
- Compensated for source level and receiver sensitivity, as well as attenuation and spherical spreading in the water column.
- Amplitude resolution: 0.5 dB.

External sensors

- Position
- Heading
- Motion sensor (Pitch, roll and heave)
- Sound velocity profile
- Sound velocity at transducer.
- Clock synchronisation (1 PPS)

Environmental and EMC specifications

The system meets all requirements of the IACS E10 specification. The Operator Station, LCD monitor and Processing Unit are all IP22 rated.

A4-III **QUASI STELLAR COLOR**



Quasi Stellar, derivata dalla Light Camera, deriva dall'applicazione di recenti tecnologie elettroniche e meccaniche. Costruita con componenti elettronici e meccanici di qualità (acciaio inossidabile, metacrilato, delrin), consente la visione diurna in bianco e nero (o a colori) del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità, fino e oltre 200 m., con intensità di appena 2 millesimi di lux, ideale per la ricerca sistematica con i metodi della traina o del pendolo, consente un buon riconoscimento della tipologia del fondo e degli oggetti, anche seminterrati.

Caratteristiche generali: Trasmettitore video entro-contenuto, che permette la ricezione su qualsiasi televisore o videoregistratore (non occorrono monitor). Cavo ombelicale di piccolo diametro (4.2 mm.) rinforzato internamente con treccia in poliestere che assicura una trazione di oltre 80 Kg. Dimensioni e pesi contenuti: corpo 101,6 mm. di diametro per 280 mm. di lunghezza. L'alimentazione, fornita da batterie al piombo gelatinoso alloggiato nella consolle, assicura una lunga autonomia (maggiore di 24 h di servizio continuo) grazie al basso consumo della telecamera. Per periodi d'uso continuato, o se non si desidera ricorrere all'uso delle batterie, sono disponibili alimentatori a 220 V. Quasi Stellar è fornita in allestimento base con versioni operative a 100 e 200 m. di profondità, con pezzature di cavo ombelicale di analoga lunghezza e cavetto di collegamento al televisore.

ALLEGATO B

SCHEDE GRANULOMETRICHE DEI SITI POSTI NELL'AREA DELLA PIATTAFORMA BONACCIA NW E DEI CONTROLLI

K1 - K4

1° SURVEY POST LAVORI DI INSTALLAZIONE

1° semestre 2016



Stazione A1 (250 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	27,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,17
Mediana	M _d	3,71
Classazione	σ	1,94
Asimmetria	S _{ki}	0,44
Appuntimento	K _q	1,41

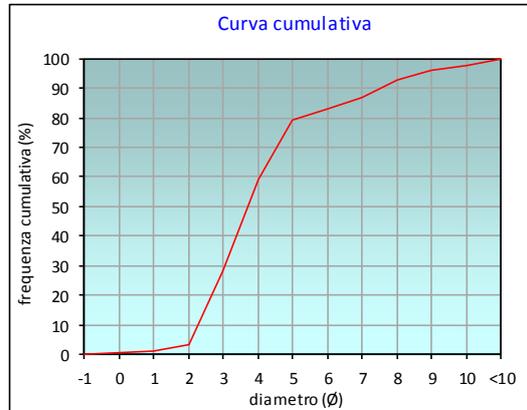
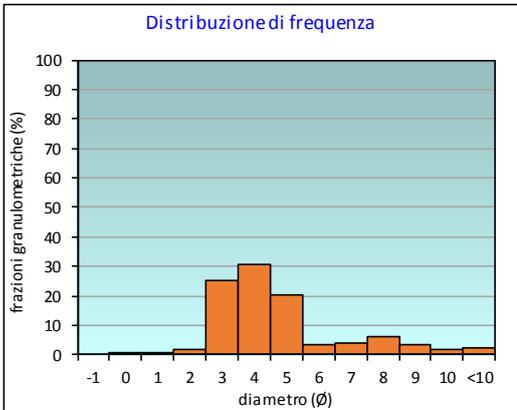
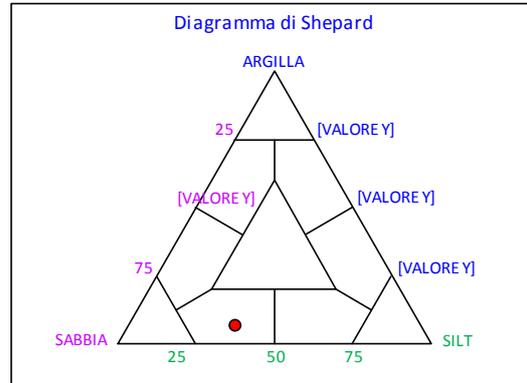
PERCENTILE	φ
5	2,08
16	2,52
25	2,87
50	3,71
75	4,79
84	6,28
95	8,67

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	0,6	1,4
	2	250	1,7	3,0
	3	125	25,2	28,2
	4	62,5	30,7	58,9
LIMO	5	31,2	20,3	79,2
	6	15,6	3,6	82,9
	7	7,8	4,0	86,9
	8	3,9	5,9	92,8
ARGILLA	9	2	3,3	96,1
	10	0,98	1,8	97,9
	<10	<0,98	2,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,9	33,9	7,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione A2 (120 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	20,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,11
Mediana	M _d	3,83
Classazione	σ	1,86
Asimmetria	S _{ki}	0,36
Appuntimento	K _q	1,53

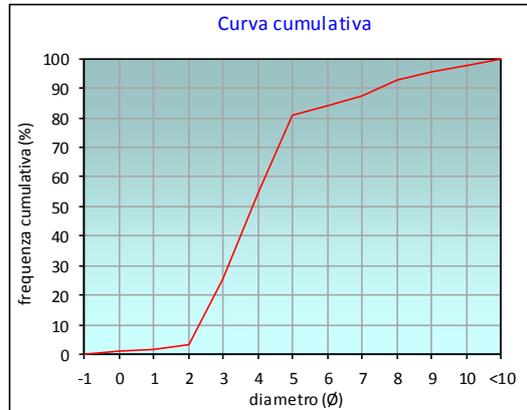
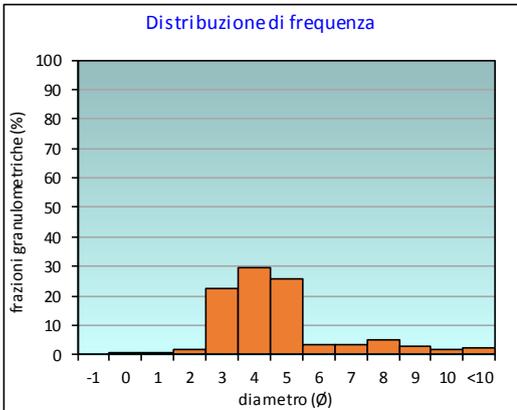
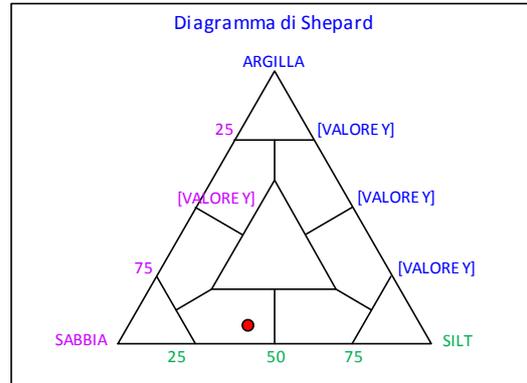
PERCENTILE	φ
5	2,08
16	2,57
25	2,98
50	3,83
75	4,77
84	5,93
95	8,78

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	0,6	1,5
	2	250	1,8	3,3
	3	125	22,2	25,5
	4	62,5	29,5	55,0
LIMO	5	31,2	26,0	81,0
	6	15,6	3,3	84,2
	7	7,8	3,3	87,5
	8	3,9	5,2	92,7
ARGILLA	9	2	2,9	95,6
	10	0,98	1,9	97,5
	<10	<0,98	2,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	55,0	37,7	7,3

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione A3 (60 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	30,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,33
Mediana	M _d	3,76
Classazione	σ	2,22
Asimmetria	S _{ki}	0,40
Appuntimento	K _q	1,53

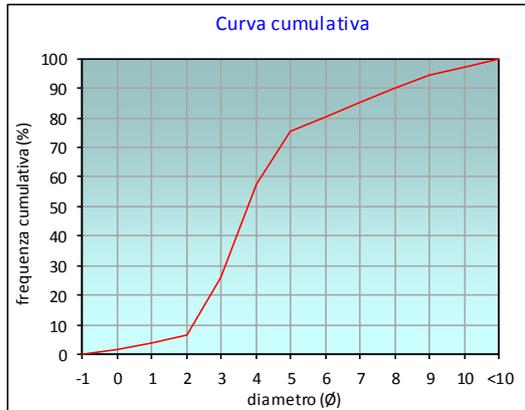
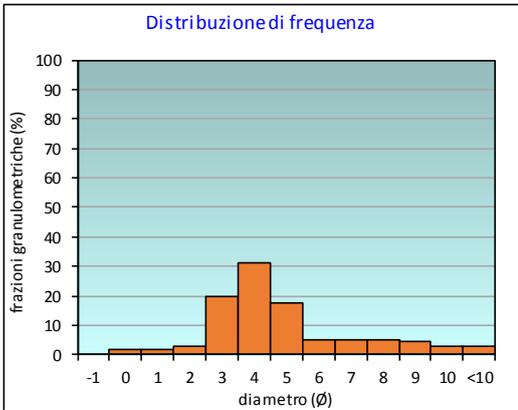
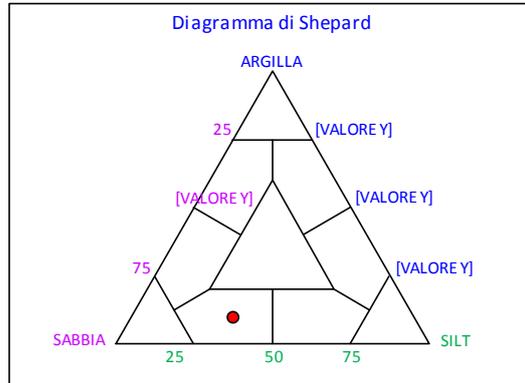
PERCENTILE	φ
5	1,49
16	2,48
25	2,94
50	3,76
75	4,99
84	6,74
95	9,14

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,7	1,7
SABBIA	1	500	1,9	3,6
	2	250	2,9	6,5
	3	125	19,7	26,2
	4	62,5	31,4	57,6
LIMO	5	31,2	17,6	75,1
	6	15,6	5,0	80,1
	7	7,8	5,2	85,3
	8	3,9	4,9	90,2
ARGILLA	9	2	4,4	94,6
	10	0,98	2,6	97,3
	<10	<0,98	2,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	57,6	32,7	9,8

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione A4 (30 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	22,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,01
Mediana	M _d	3,70
Classazione	σ	1,96
Asimmetria	S _{ki}	0,33
Appuntimento	K _q	1,60

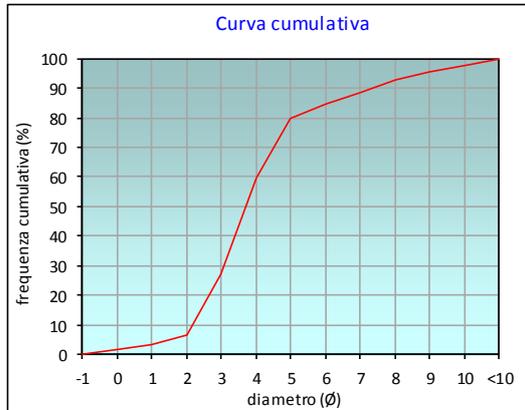
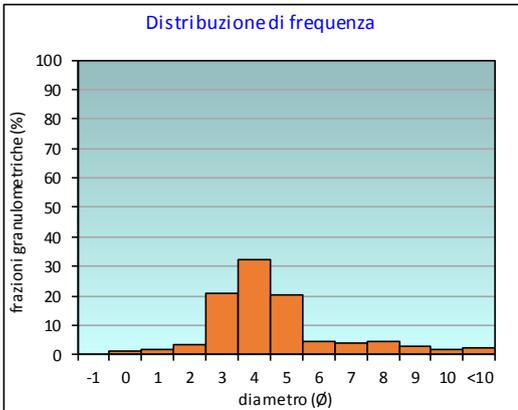
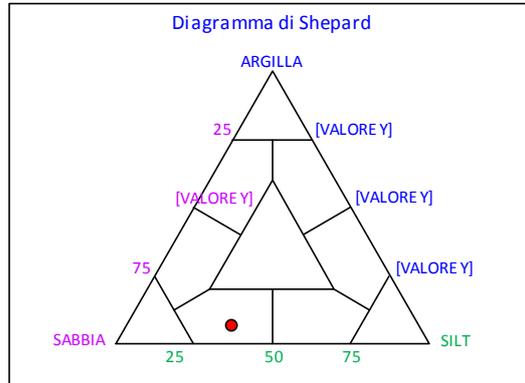
PERCENTILE	∅
5	1,52
16	2,46
25	2,89
50	3,70
75	4,76
84	5,88
95	8,77

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,5	1,5
SABBIA	1	500	1,8	3,2
	2	250	3,4	6,6
	3	125	20,6	27,2
	4	62,5	32,4	59,6
LIMO	5	31,2	20,4	80,0
	6	15,6	4,6	84,6
	7	7,8	3,8	88,4
	8	3,9	4,5	92,9
ARGILLA	9	2	2,7	95,6
	10	0,98	1,9	97,5
	<10	<0,98	2,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	59,6	33,3	7,1

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione BO NW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	31,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,87
Mediana	M _d	3,52
Classazione	σ	1,81
Asimmetria	S _{ki}	0,35
Appuntimento	K _q	1,39

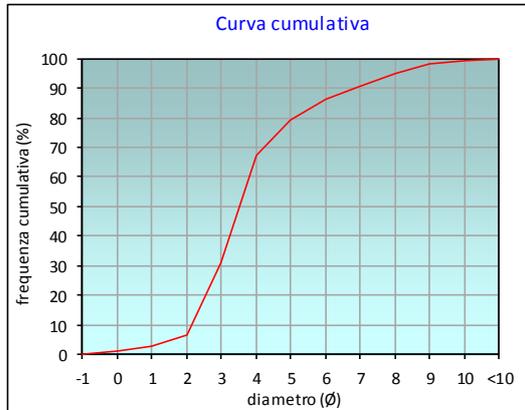
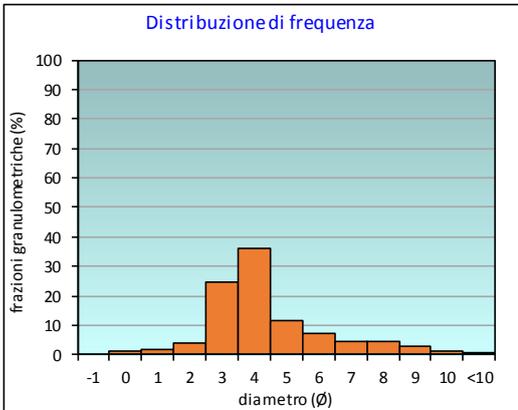
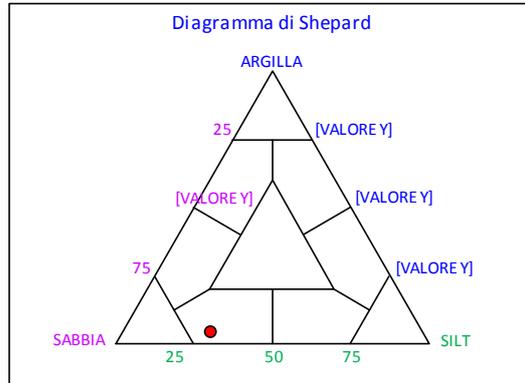
PERCENTILE	∅
5	1,55
16	2,38
25	2,75
50	3,52
75	4,65
84	5,70
95	7,99

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,2	1,2
SABBIA	1	500	1,7	2,9
	2	250	3,9	6,8
	3	125	24,4	31,2
	4	62,5	36,2	67,3
LIMO	5	31,2	11,8	79,1
	6	15,6	7,0	86,1
	7	7,8	4,5	90,6
ARGILLA	8	3,9	4,4	95,0
	9	2	3,0	98,0
	10	0,98	1,2	99,3
	<10	<0,98	0,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	67,3	27,7	5,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione BO SE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	34,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

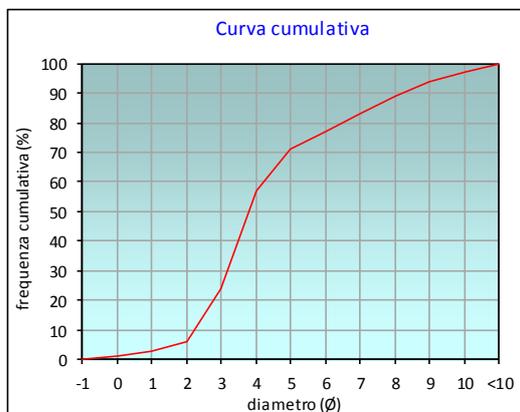
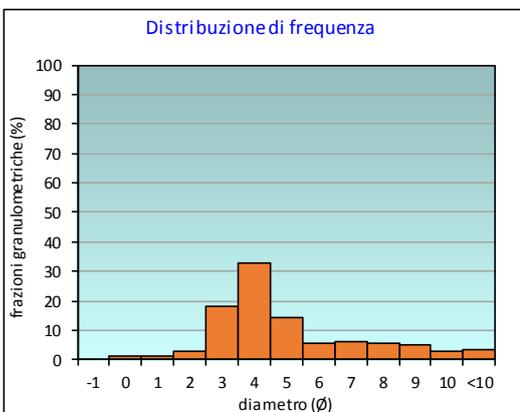
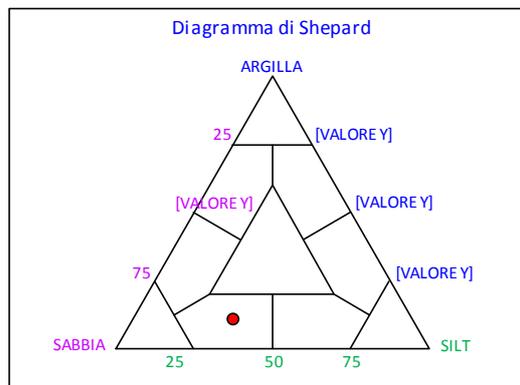
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,50	5	1,76
Mediana	M _d	3,79	16	2,56
Classazione	σ	2,31	25	3,03
Asimmetria	S _{ki}	0,47	50	3,79
Appuntimento	K _q	1,20	75	5,64
			84	7,16
			95	9,39

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,3	1,3
SABBIA	1	500	1,4	2,7
	2	250	3,1	5,8
	3	125	18,4	24,1
	4	62,5	32,8	56,9
LIMO	5	31,2	14,4	71,3
	6	15,6	5,8	77,1
	7	7,8	6,0	83,1
	8	3,9	5,6	88,7
ARGILLA	9	2	5,1	93,8
	10	0,98	3,0	96,8
	<10	<0,98	3,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	56,9	31,8	11,3

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione A5 (30 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,50
Mediana	M _d	3,82
Classazione	σ	2,20
Asimmetria	S _{ki}	0,48
Appuntimento	K _q	1,30

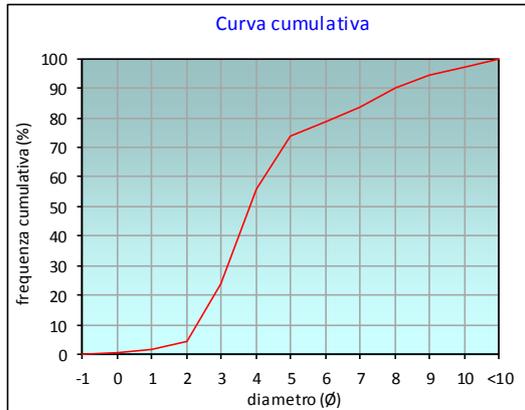
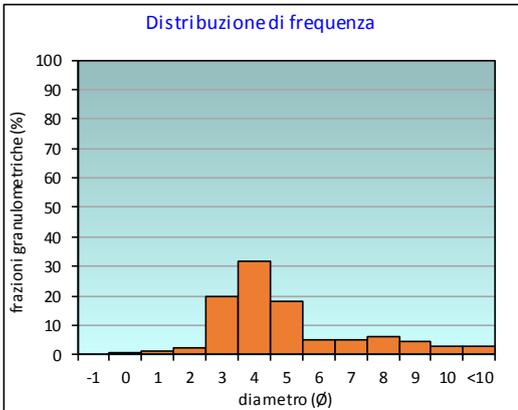
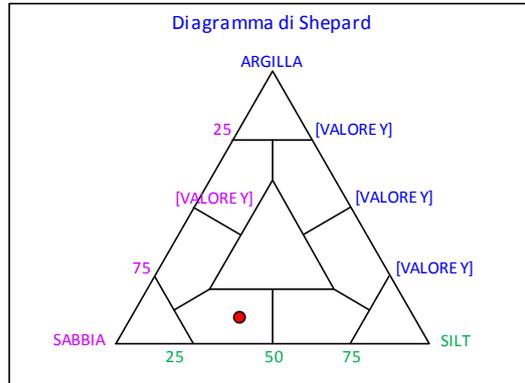
PERCENTILE	φ
5	2,04
16	2,60
25	3,04
50	3,82
75	5,28
84	7,09
95	9,18

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,6	0,6
SABBIA	1	500	1,2	1,8
	2	250	2,4	4,1
	3	125	19,6	23,8
	4	62,5	31,9	55,7
LIMO	5	31,2	17,8	73,5
	6	15,6	5,1	78,7
	7	7,8	4,8	83,5
	8	3,9	6,4	89,8
ARGILLA	9	2	4,7	94,5
	10	0,98	2,7	97,2
	<10	<0,98	2,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	55,7	34,1	10,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione A6 (60 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,60
Mediana	M _d	3,99
Classazione	σ	2,19
Asimmetria	S _{ki}	0,44
Appuntimento	K _c	1,26

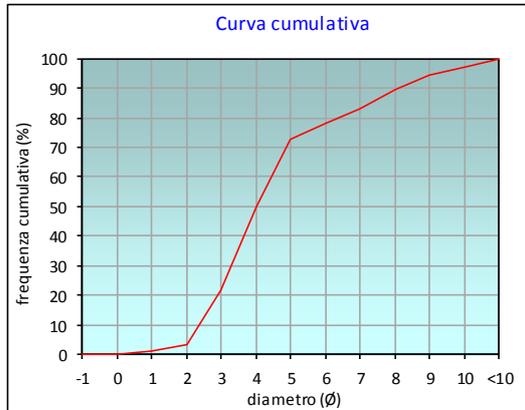
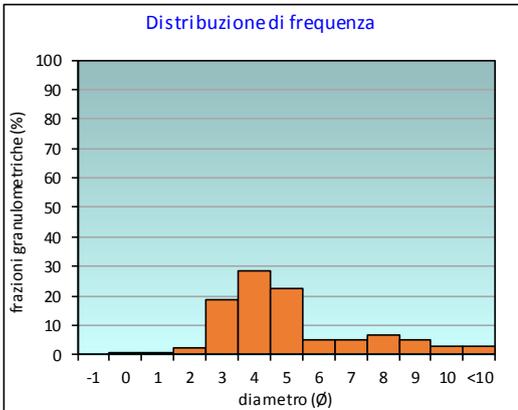
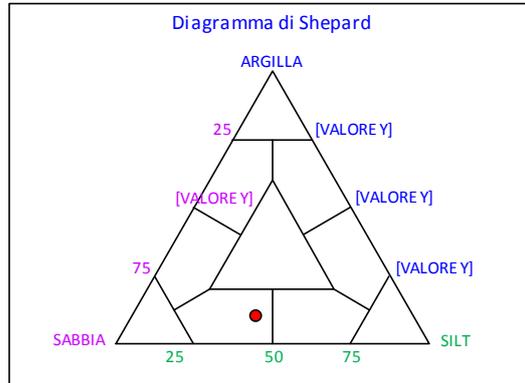
PERCENTILE	φ
5	2,10
16	2,68
25	3,11
50	3,99
75	5,43
84	7,13
95	9,22

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,7	0,9
	2	250	2,3	3,2
	3	125	18,7	21,9
	4	62,5	28,3	50,2
LIMO	5	31,2	22,7	72,9
	6	15,6	5,0	77,9
	7	7,8	5,3	83,1
	8	3,9	6,5	89,6
ARGILLA	9	2	4,8	94,4
	10	0,98	2,7	97,1
	<10	<0,98	2,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	50,2	39,5	10,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione A7 (120 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	35,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,62
Mediana	M _d	3,93
Classazione	σ	2,29
Asimmetria	S _{ki}	0,47
Appuntimento	K _c	1,18

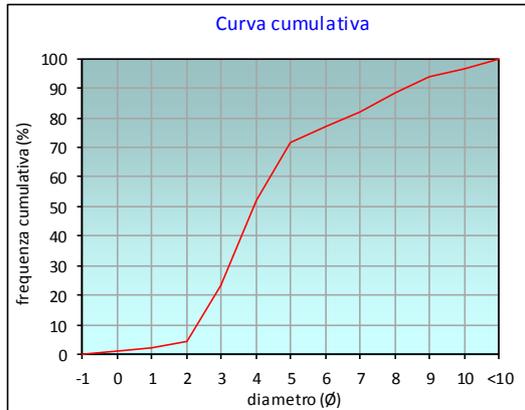
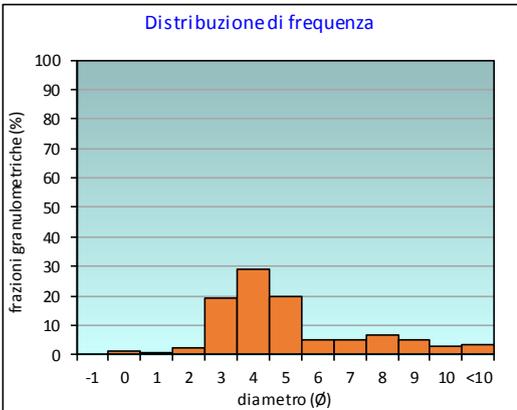
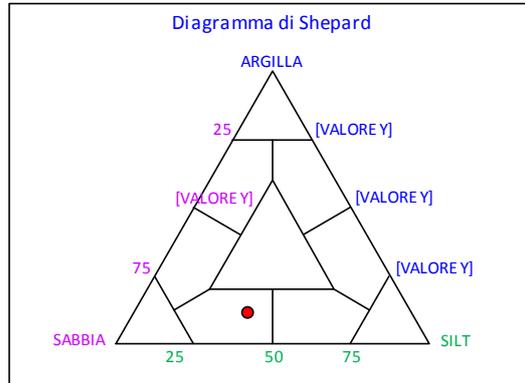
PERCENTILE	∅
5	2,05
16	2,63
25	3,06
50	3,93
75	5,63
84	7,30
95	9,44

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,2	1,2
SABBIA	1	500	0,8	1,9
	2	250	2,1	4,1
	3	125	19,0	23,1
	4	62,5	28,9	52,1
LIMO	5	31,2	19,7	71,8
	6	15,6	5,1	76,9
	7	7,8	5,2	82,1
	8	3,9	6,4	88,4
ARGILLA	9	2	5,2	93,6
	10	0,98	3,1	96,8
	<10	<0,98	3,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	52,1	36,4	11,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione A8 (250 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	28,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,39
Mediana	M _d	4,66
Classazione	σ	2,32
Asimmetria	S _{ki}	0,44
Appuntimento	K _c	1,16

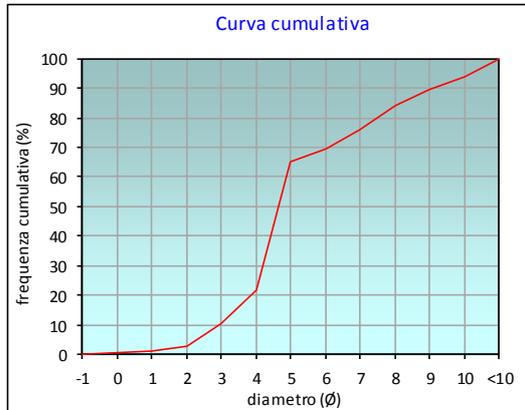
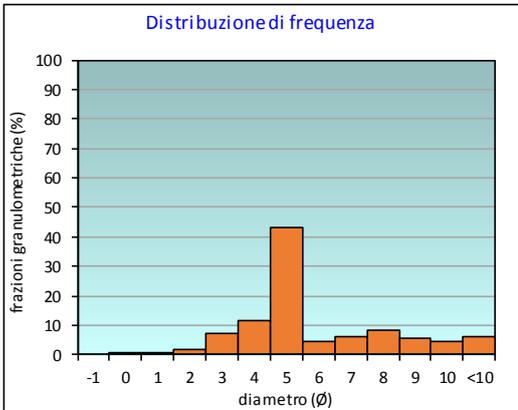
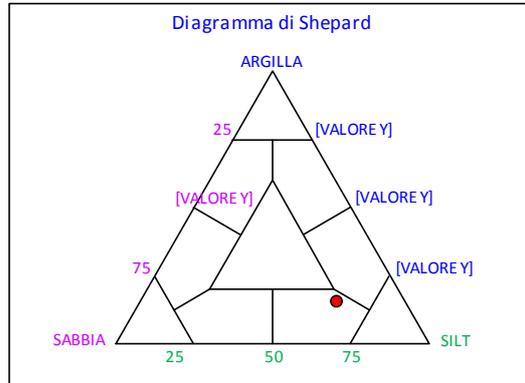
PERCENTILE	φ
5	2,30
16	3,50
25	4,07
50	4,66
75	6,85
84	8,00
95	10,16

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,8	1,3
	2	250	1,5	2,9
	3	125	7,3	10,1
	4	62,5	11,7	21,8
LIMO	5	31,2	43,0	64,8
	6	15,6	4,7	69,6
	7	7,8	6,4	76,0
	8	3,9	8,1	84,0
ARGILLA	9	2	5,7	89,7
	10	0,98	4,4	94,1
	<10	<0,98	5,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	21,8	62,2	16,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt sabbioso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione B1 (250 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	21,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

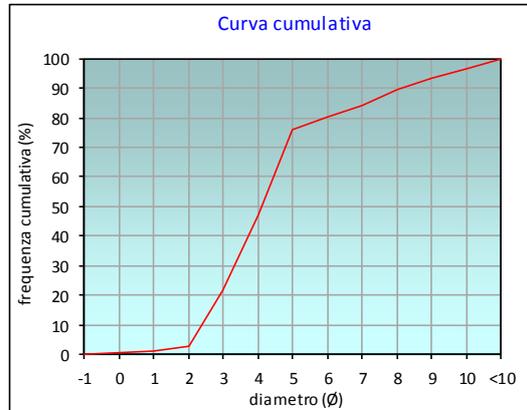
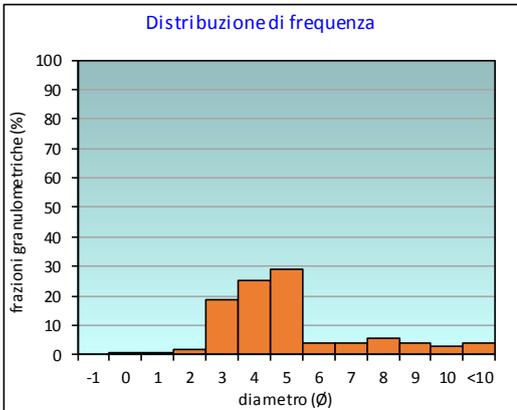
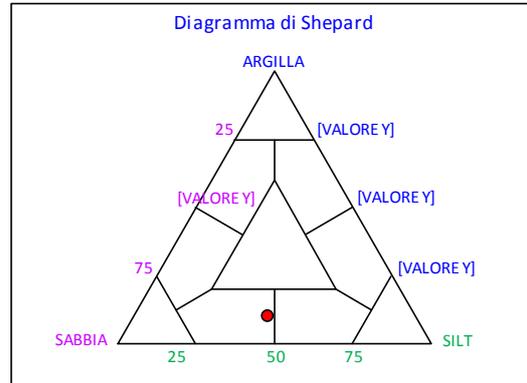
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,61	5	2,11
Mediana	M _d	4,10	16	2,69
Classazione	σ	2,21	25	3,13
Asimmetria	S _{ki}	0,41	50	4,10
Appuntimento	K _q	1,66	75	4,96
			84	7,03
			95	9,53

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	0,7	1,1
	2	250	1,8	2,9
	3	125	18,9	21,8
	4	62,5	25,3	47,1
LIMO	5	31,2	29,1	76,2
	6	15,6	3,8	80,0
	7	7,8	3,8	83,9
	8	3,9	5,5	89,4
ARGILLA	9	2	4,1	93,5
	10	0,98	2,9	96,3
	<10	<0,98	3,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	47,1	42,3	10,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione B2 (120 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	24,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,79
Mediana	M _d	3,60
Classazione	σ	1,62
Asimmetria	S _{ki}	0,36
Appuntimento	K _q	1,58

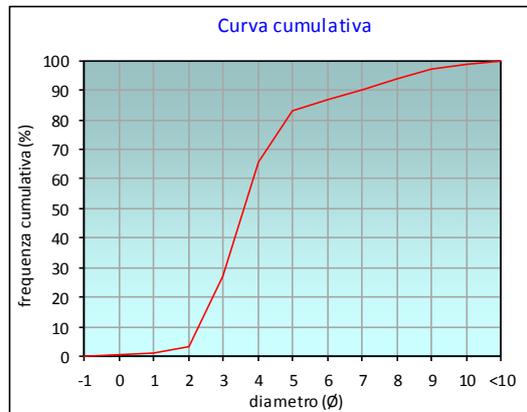
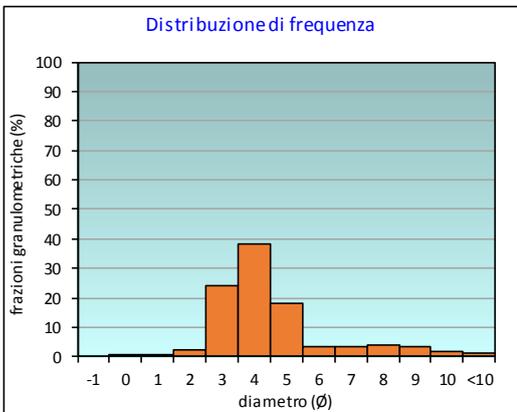
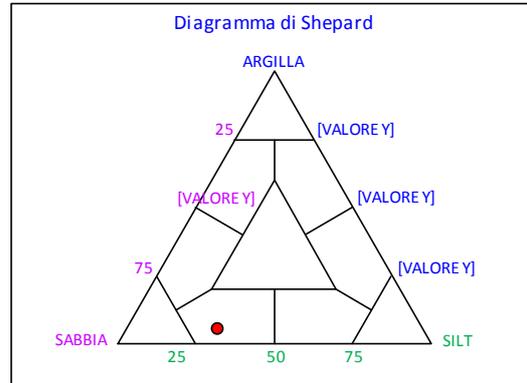
PERCENTILE	∅
5	2,08
16	2,54
25	2,91
50	3,60
75	4,54
84	5,23
95	8,36

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,6	0,9
	2	250	2,2	3,1
	3	125	24,0	27,1
	4	62,5	38,3	65,4
LIMO	5	31,2	17,8	83,3
	6	15,6	3,3	86,6
	7	7,8	3,4	90,0
	8	3,9	3,8	93,8
ARGILLA	9	2	3,3	97,1
	10	0,98	1,6	98,7
	<10	<0,98	1,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	65,4	28,4	6,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione B3 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	27,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,13
Mediana	M _d	3,65
Classazione	σ	1,90
Asimmetria	S _{ki}	0,45
Appuntimento	K _c	1,47

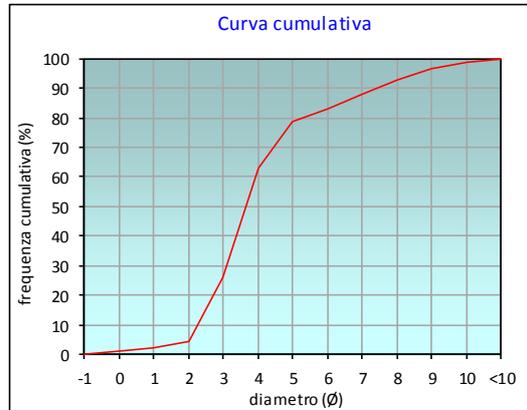
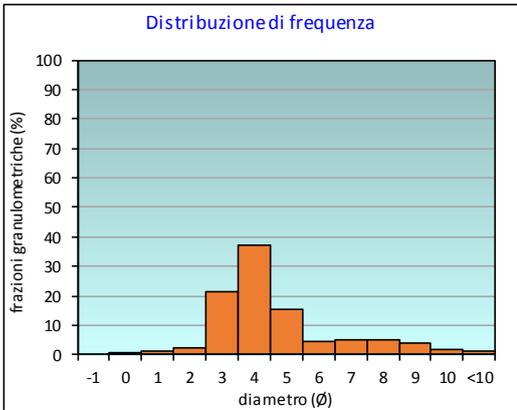
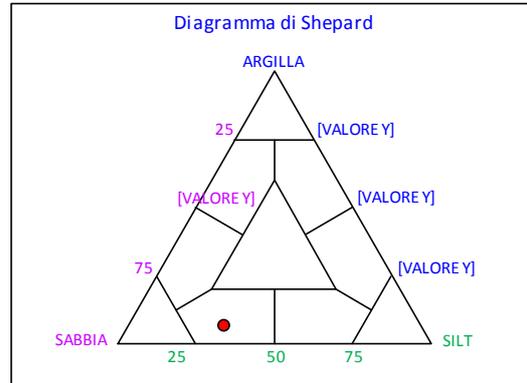
PERCENTILE	∅
5	2,03
16	2,54
25	2,96
50	3,65
75	4,78
84	6,19
95	8,57

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	1,2	2,0
	2	250	2,3	4,4
	3	125	21,5	25,9
	4	62,5	37,0	62,9
LIMO	5	31,2	15,6	78,5
	6	15,6	4,6	83,1
	7	7,8	4,8	87,9
	8	3,9	4,9	92,9
ARGILLA	9	2	3,8	96,6
	10	0,98	1,9	98,5
	<10	<0,98	1,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	62,9	30,0	7,1

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione B4 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	31,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,19
Mediana	M _d	3,67
Classazione	σ	2,03
Asimmetria	S _{ki}	0,46
Appuntimento	K _c	1,42

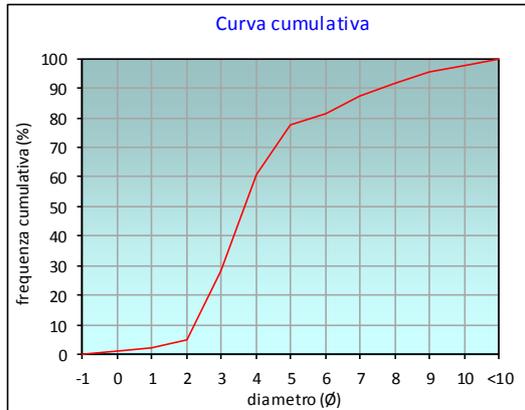
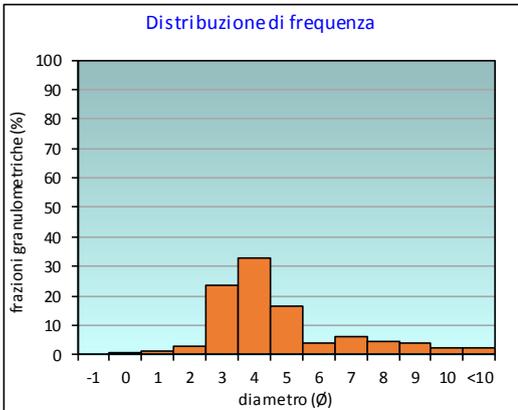
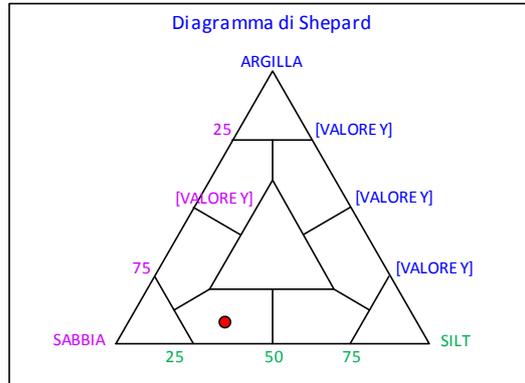
PERCENTILE	φ
5	2,01
16	2,48
25	2,86
50	3,67
75	4,85
84	6,43
95	8,91

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,8	0,8
SABBIA	1	500	1,1	1,9
	2	250	2,8	4,7
	3	125	23,5	28,2
	4	62,5	32,7	61,0
LIMO	5	31,2	16,5	77,4
	6	15,6	4,0	81,5
	7	7,8	5,9	87,3
	8	3,9	4,2	91,6
ARGILLA	9	2	3,8	95,3
	10	0,98	2,3	97,7
	<10	<0,98	2,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	61,0	30,6	8,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione BO NE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	31,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,92
Mediana	M _d	3,57
Classazione	σ	1,81
Asimmetria	S _{sk}	0,39
Appuntimento	K _G	1,47

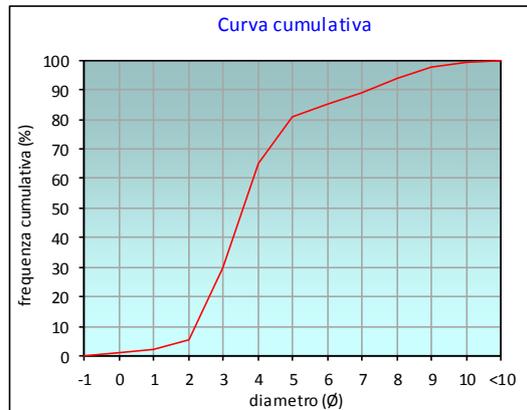
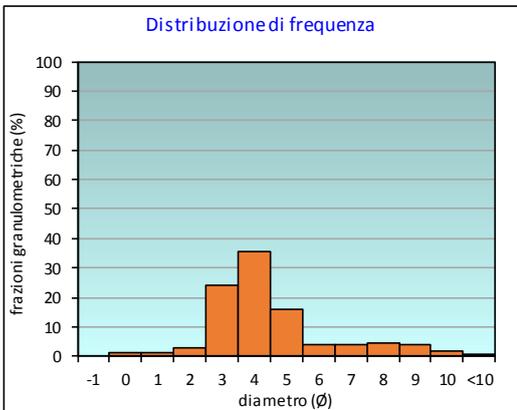
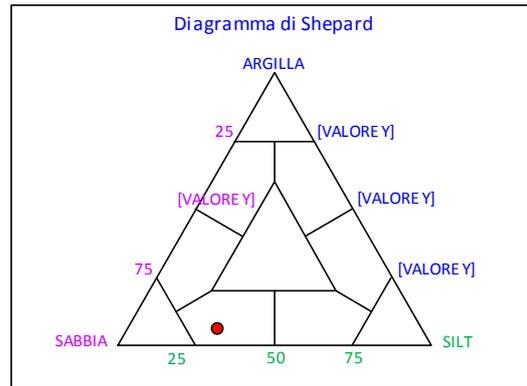
PERCENTILE	∅
5	1,84
16	2,44
25	2,81
50	3,57
75	4,62
84	5,75
95	8,33

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,0	1,0
SABBIA	1	500	1,4	2,4
	2	250	3,1	5,5
	3	125	24,2	29,7
	4	62,5	35,5	65,1
LIMO	5	31,2	15,9	81,0
	6	15,6	3,9	85,0
	7	7,8	4,1	89,1
	8	3,9	4,6	93,7
ARGILLA	9	2	3,9	97,6
	10	0,98	1,6	99,2
	<10	<0,98	0,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	65,1	28,6	6,3

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione BO SW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

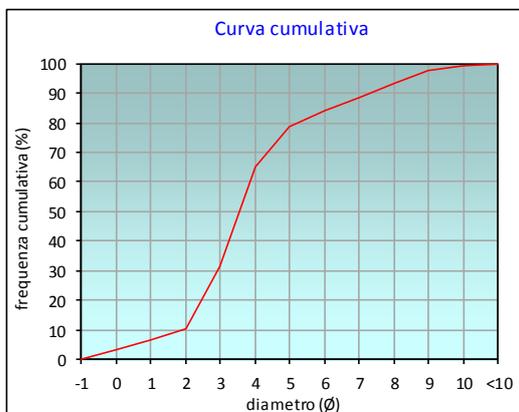
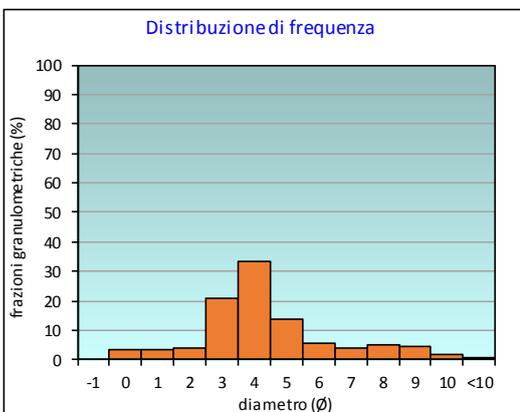
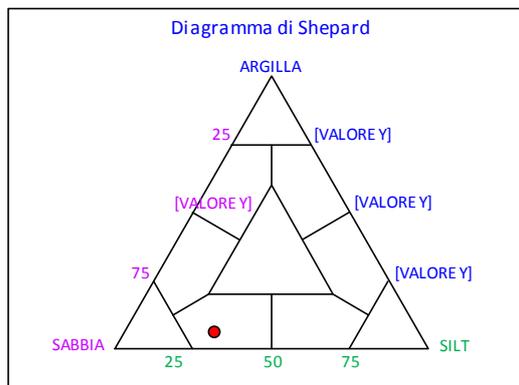
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	3,93	5	0,56
Mediana	M _d	3,55	16	2,26
Classazione	σ	2,11	25	2,69
Asimmetria	S _{ki}	0,27	50	3,55
Appuntimento	K _q	1,56	75	4,75
			84	5,97
			95	8,40

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	3,2	3,2
SABBIA	1	500	3,1	6,4
	2	250	4,1	10,5
	3	125	21,0	31,5
	4	62,5	33,4	64,9
LIMO	5	31,2	13,5	78,4
	6	15,6	5,8	84,2
	7	7,8	4,2	88,3
	8	3,9	4,9	93,3
ARGILLA	9	2	4,4	97,6
	10	0,98	1,7	99,3
	<10	<0,98	0,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	64,9	28,4	6,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione B5 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	29,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,64
Mediana	M _d	3,51
Classazione	σ	1,65
Asimmetria	S _{ki}	0,29
Appuntimento	K _c	1,73

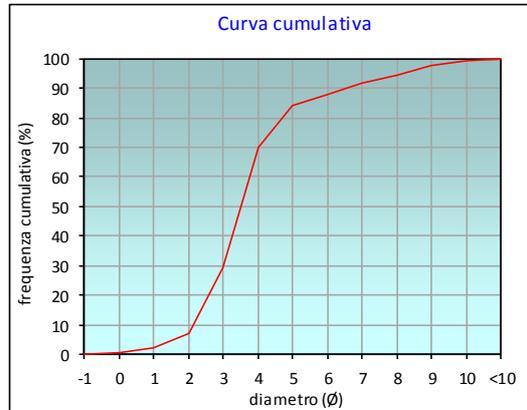
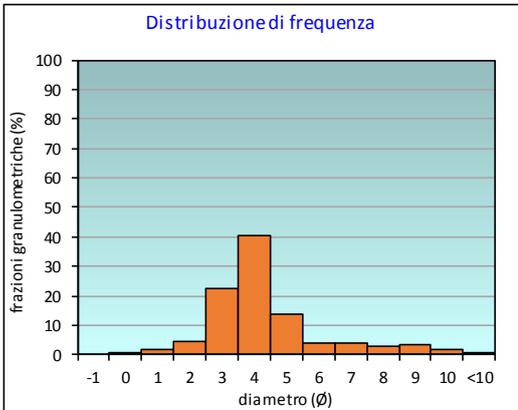
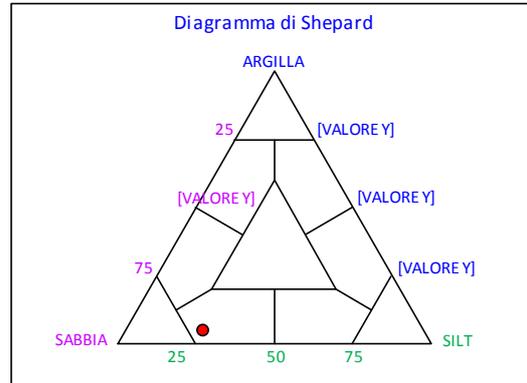
PERCENTILE	φ
5	1,59
16	2,40
25	2,80
50	3,51
75	4,36
84	5,02
95	8,18

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	1,6	2,2
	2	250	4,7	6,9
	3	125	22,6	29,5
	4	62,5	40,6	70,0
LIMO	5	31,2	13,9	83,9
	6	15,6	3,8	87,7
	7	7,8	4,2	91,8
	8	3,9	2,6	94,4
ARGILLA	9	2	3,4	97,8
	10	0,98	1,5	99,3
	<10	<0,98	0,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	70,0	24,4	5,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione B6 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	30,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,93
Mediana	M _d	3,51
Classazione	σ	1,86
Asimmetria	S _{ki}	0,43
Appuntimento	K _q	1,43

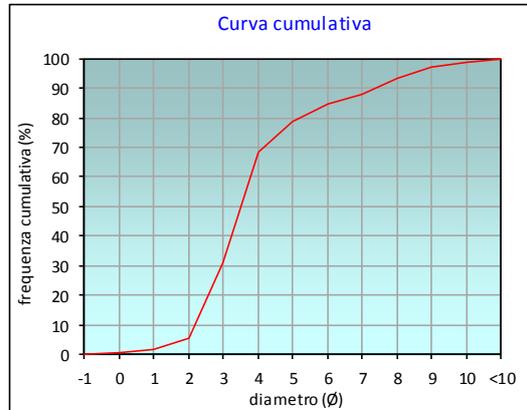
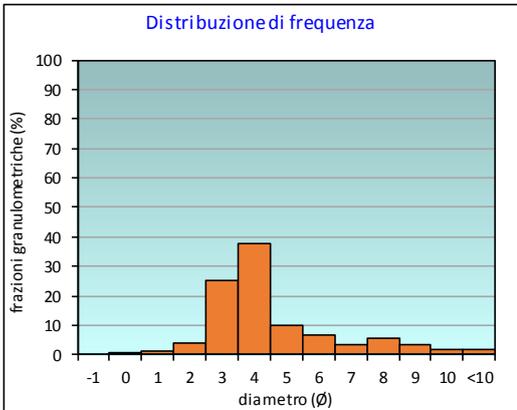
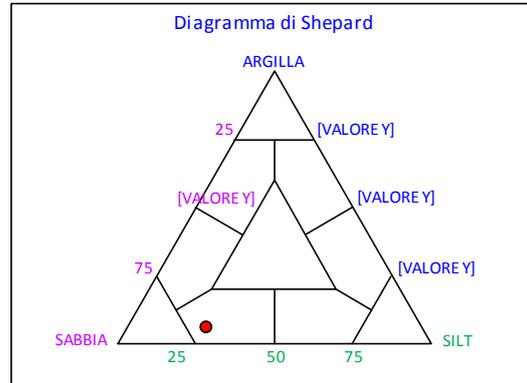
PERCENTILE	φ
5	1,87
16	2,42
25	2,77
50	3,51
75	4,65
84	5,87
95	8,44

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	1,3	1,7
	2	250	3,8	5,5
	3	125	25,2	30,7
	4	62,5	37,8	68,5
LIMO	5	31,2	9,9	78,4
	6	15,6	6,4	84,8
	7	7,8	3,2	88,0
	8	3,9	5,5	93,6
ARGILLA	9	2	3,3	96,9
	10	0,98	1,6	98,5
	<10	<0,98	1,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	68,5	25,0	6,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione B7 (120 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,16
Mediana	M _d	3,60
Classazione	σ	2,07
Asimmetria	S _{ki}	0,44
Appuntimento	K _q	1,33

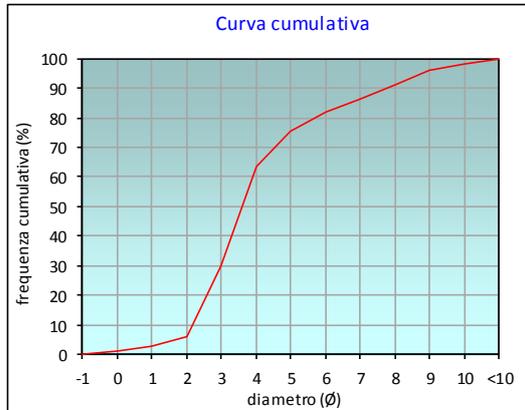
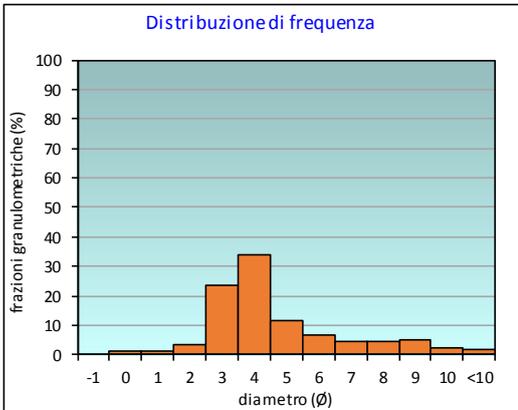
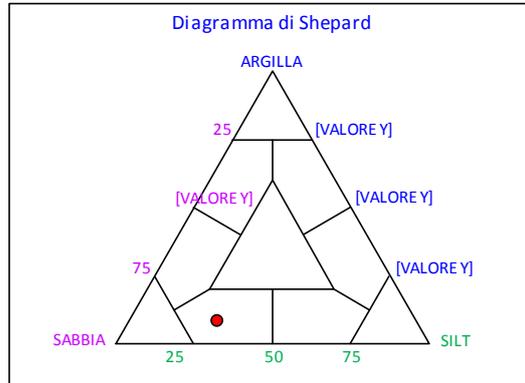
PERCENTILE	φ
5	1,75
16	2,43
25	2,81
50	3,60
75	4,98
84	6,45
95	8,78

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,0	1,0
SABBIA	1	500	1,5	2,5
	2	250	3,3	5,8
	3	125	23,8	29,6
	4	62,5	34,0	63,6
LIMO	5	31,2	11,7	75,3
	6	15,6	6,7	82,0
	7	7,8	4,5	86,5
	8	3,9	4,7	91,2
ARGILLA	9	2	4,9	96,1
	10	0,98	2,3	98,4
	<10	<0,98	1,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,6	27,6	8,8

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	30,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,36
Mediana	M _d	3,65
Classazione	σ	2,18
Asimmetria	S _{ki}	0,49
Appuntimento	K _c	1,47

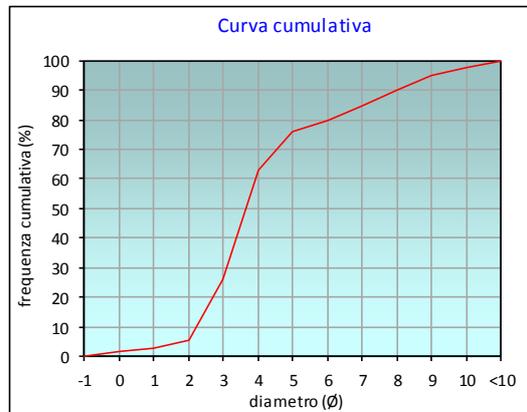
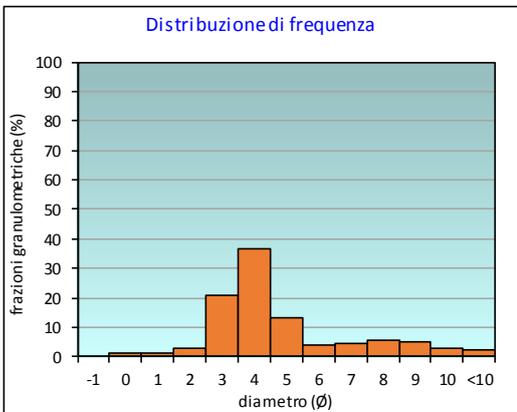
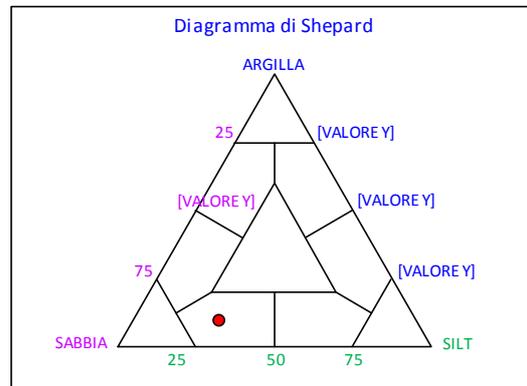
PERCENTILE	φ
5	1,88
16	2,51
25	2,95
50	3,65
75	4,93
84	6,91
95	9,00

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,4	1,4
SABBIA	1	500	1,2	2,6
	2	250	2,8	5,3
	3	125	20,7	26,0
	4	62,5	36,6	62,7
LIMO	5	31,2	13,3	75,9
	6	15,6	4,0	79,9
	7	7,8	4,4	84,4
ARGILLA	8	3,9	5,6	90,0
	9	2	5,0	95,0
	10	0,98	2,7	97,7
	<10	<0,98	2,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	62,7	27,3	10,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione K1

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	38,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,73
Mediana	M _d	4,00
Classazione	σ	2,40
Asimmetria	S _{ki}	0,45
Appuntimento	K _α	0,88

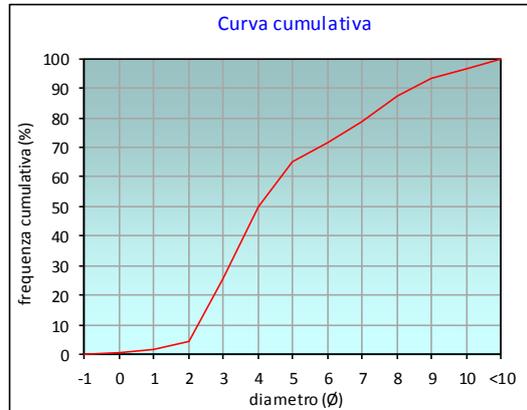
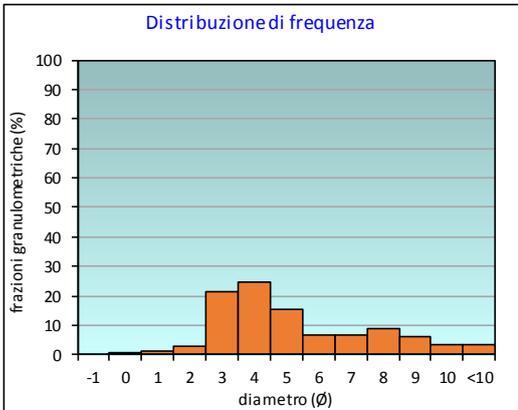
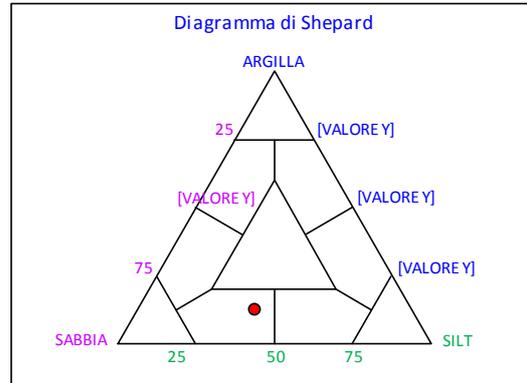
PERCENTILE	φ
5	2,04
16	2,56
25	2,98
50	4,00
75	6,48
84	7,63
95	9,52

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	1,1	1,4
	2	250	2,7	4,1
	3	125	21,4	25,5
	4	62,5	24,6	50,0
LIMO	5	31,2	15,3	65,3
	6	15,6	6,5	71,8
	7	7,8	6,7	78,5
	8	3,9	8,8	87,3
ARGILLA	9	2	6,0	93,3
	10	0,98	3,3	96,6
	<10	<0,98	3,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	50,0	37,3	12,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K2

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	27,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,65
Mediana	M _d	3,25
Classazione	σ	1,71
Asimmetria	S _{ki}	0,50
Appuntimento	K _q	1,62

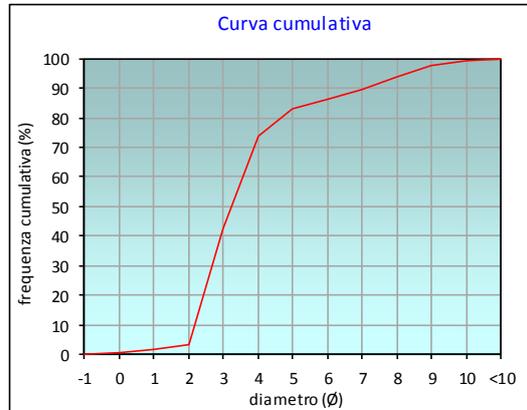
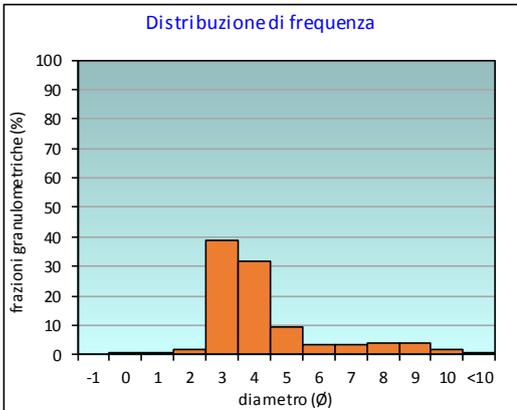
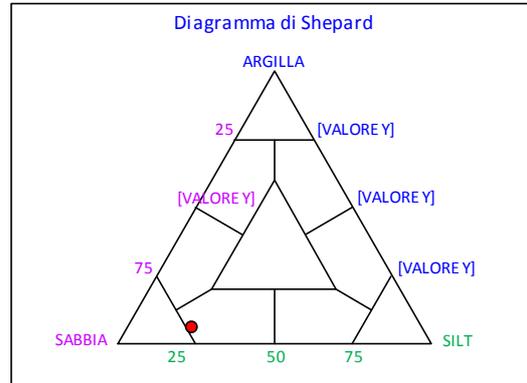
PERCENTILE	∅
5	2,05
16	2,33
25	2,56
50	3,25
75	4,16
84	5,36
95	8,34

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	0,7	1,4
	2	250	1,7	3,1
	3	125	38,9	42,1
	4	62,5	31,5	73,6
LIMO	5	31,2	9,2	82,8
	6	15,6	3,4	86,2
	7	7,8	3,5	89,7
	8	3,9	4,0	93,6
ARGILLA	9	2	4,1	97,7
	10	0,98	1,6	99,3
	<10	<0,98	0,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	73,6	20,1	6,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione K3

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	25,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,33
Mediana	M _d	2,83
Classazione	σ	1,67
Asimmetria	S _{ki}	0,65
Appuntimento	K _α	1,80

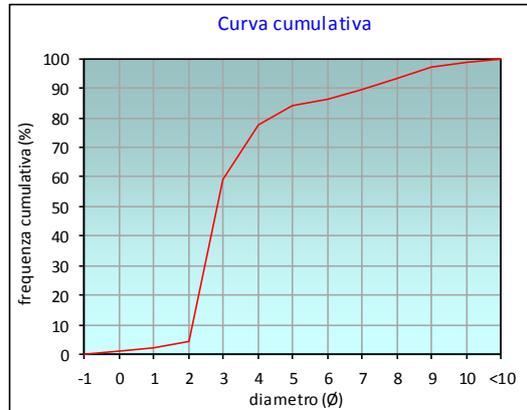
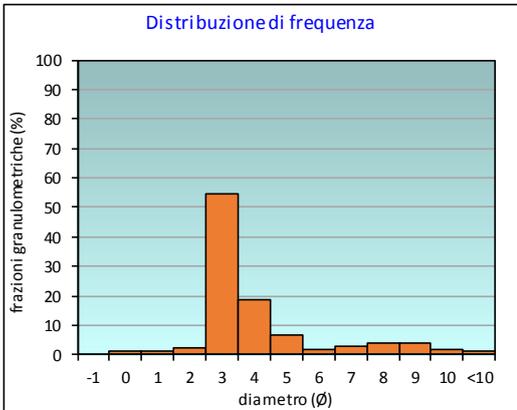
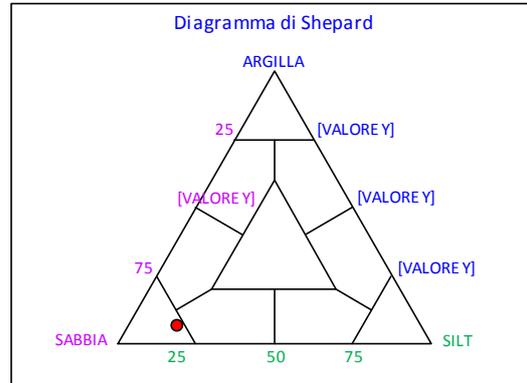
PERCENTILE	∅
5	2,01
16	2,21
25	2,38
50	2,83
75	3,86
84	4,95
95	8,51

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,0	1,0
SABBIA	1	500	1,1	2,1
	2	250	2,4	4,5
	3	125	54,7	59,1
	4	62,5	18,5	77,6
LIMO	5	31,2	6,7	84,3
	6	15,6	1,9	86,2
	7	7,8	3,0	89,3
ARGILLA	8	3,9	3,8	93,0
	9	2	3,9	96,9
	10	0,98	1,8	98,7
	<10	<0,98	1,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	77,6	15,4	7,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione K4

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,08
Mediana	M _d	4,38
Classazione	σ	2,59
Asimmetria	S _{ki}	0,40
Appuntimento	K _α	0,83

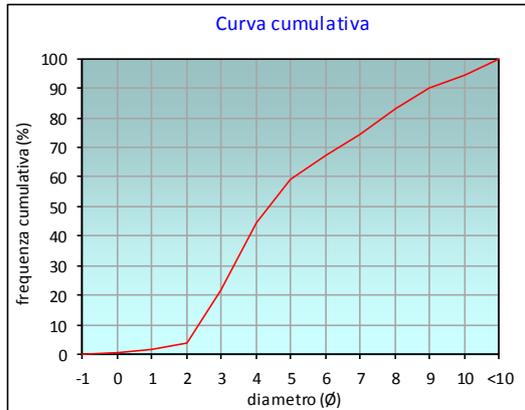
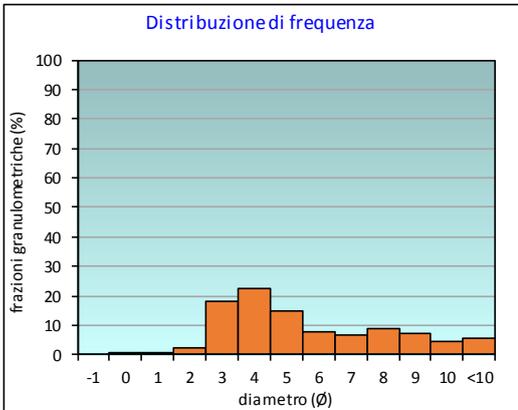
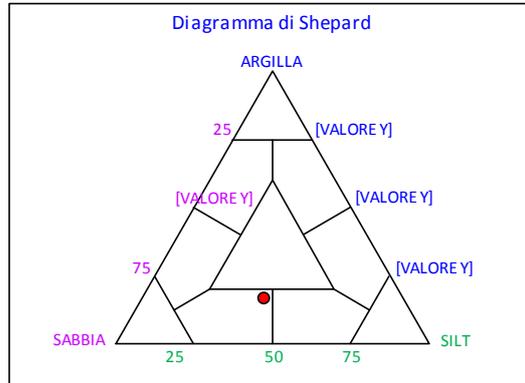
PERCENTILE	φ
5	2,08
16	2,68
25	3,14
50	4,38
75	7,10
84	8,17
95	10,09

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,9	1,4
	2	250	2,2	3,6
	3	125	18,2	21,8
	4	62,5	22,5	44,3
LIMO	5	31,2	15,0	59,3
	6	15,6	8,0	67,3
	7	7,8	6,8	74,1
ARGILLA	8	3,9	8,7	82,8
	9	2	7,0	89,8
	10	0,98	4,7	94,5
	<10	<0,98	5,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	44,3	38,5	17,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



ALLEGATO C

SEA-LINE BONACCIA NW - BONACCIA

SCHEDE GRANULOMETRICHE

DEI SITI POSTI LUNGO IL TRANSETTO C E DEI

CONTROLLI K5-K7

1° SURVEY POST LAVORI (1° SEMESTRE 2016)



Stazione C1 (100 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	42,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

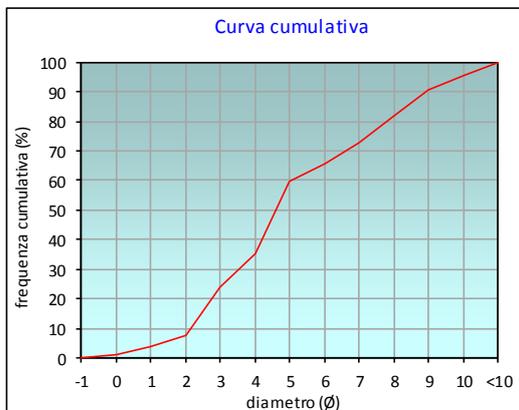
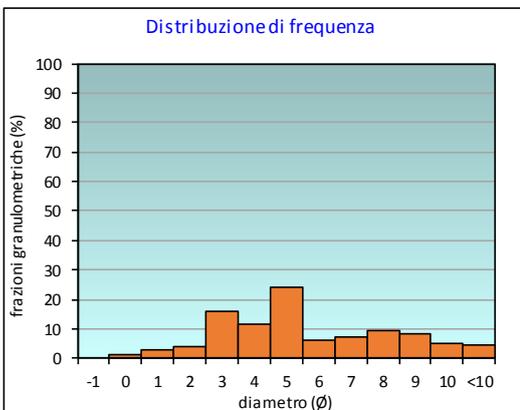
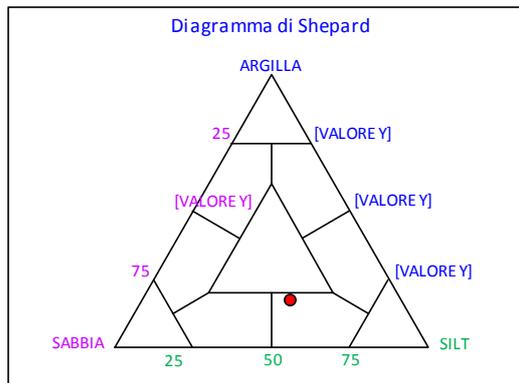
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,11	5	1,33
Mediana	M _d	4,61	16	2,51
Classazione	σ	2,73	25	3,09
Asimmetria	S _u	0,25	50	4,61
Appuntimento	K _G	0,85	75	7,26
			84	8,23
			95	9,93

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,0	1,0
	1	500	2,6	3,6
	2	250	4,2	7,8
	3	125	16,1	23,9
LIMO	4	62,5	11,5	35,4
	5	31,2	24,0	59,4
	6	15,6	6,0	65,4
	7	7,8	7,2	72,5
ARGILLA	8	3,9	9,6	82,1
	9	2	8,4	90,5
	10	0,98	4,8	95,3
	<10	<0,98	4,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	35,4	46,7	17,9

NOTE
n.d.

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



Stazione C2 (60 m SW)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,29
Mediana	M _d	4,83
Classazione	σ	3,01
Asimmetria	S _{sk}	0,17
Appuntimento	K _G	0,93

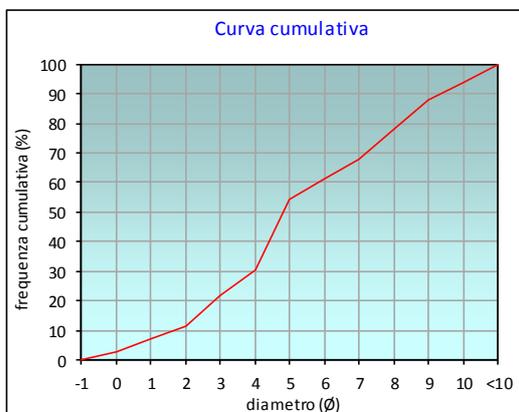
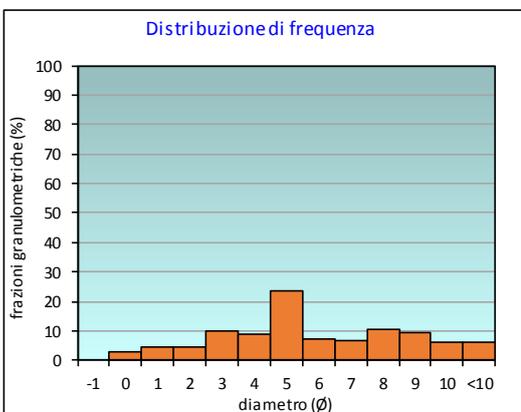
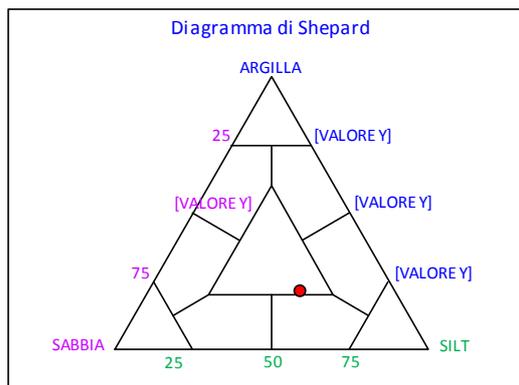
PERCENTILE	∅
5	0,52
16	2,45
25	3,39
50	4,83
75	7,67
84	8,60
95	10,21

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	2,7	2,7
SABBIA	1	500	4,4	7,1
	2	250	4,4	11,5
	3	125	10,1	21,6
	4	62,5	8,8	30,3
LIMO	5	31,2	23,7	54,1
	6	15,6	7,1	61,2
	7	7,8	6,8	68,0
	8	3,9	10,3	78,4
ARGILLA	9	2	9,4	87,8
	10	0,98	5,9	93,6
	<10	<0,98	6,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	30,3	48,0	21,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C3 (30 m SW)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,05
Mediana	M _d	4,56
Classazione	σ	2,50
Asimmetria	S _{sk}	0,29
Appuntimento	K _G	0,90

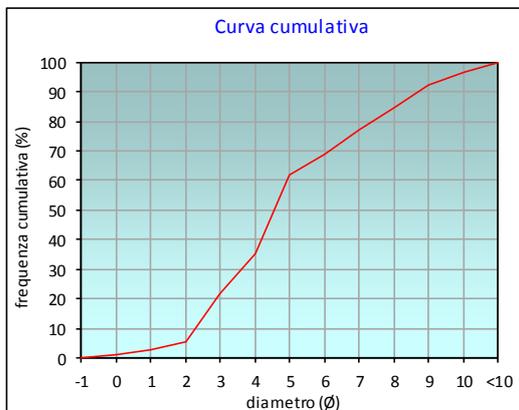
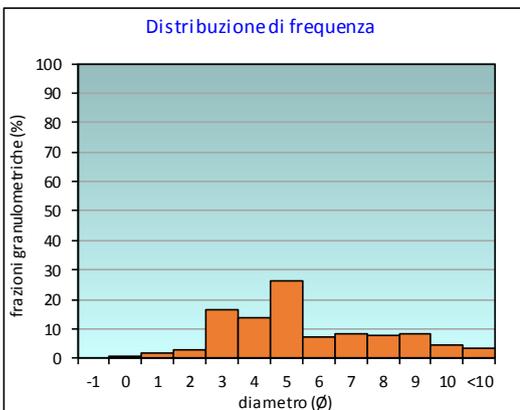
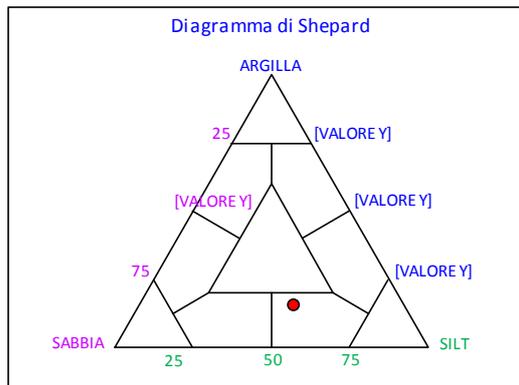
PERCENTILE	∅
5	1,86
16	2,65
25	3,24
50	4,56
75	6,77
84	7,95
95	9,60

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	1,7	2,6
	2	250	2,7	5,4
	3	125	16,4	21,7
	4	62,5	13,6	35,4
LIMO	5	31,2	26,3	61,6
	6	15,6	7,1	68,8
	7	7,8	8,1	76,9
	8	3,9	7,5	84,4
ARGILLA	9	2	8,1	92,4
	10	0,98	4,3	96,7
	<10	<0,98	3,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	35,4	49,0	15,6

NOTE
n.d.

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



Stazione C4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	37,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,98
Mediana	M _d	4,37
Classazione	σ	2,57
Asimmetria	S _{sk}	0,37
Appuntimento	K _G	0,82

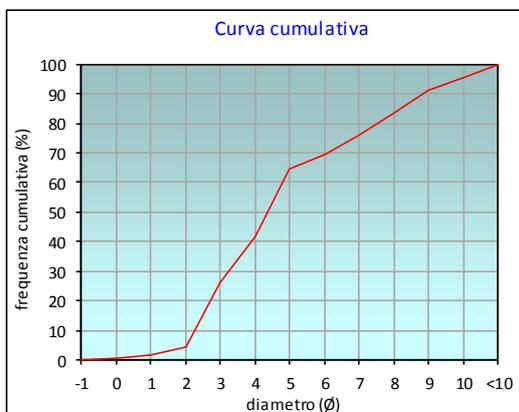
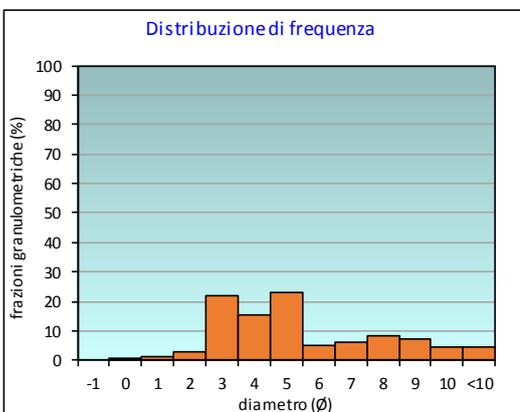
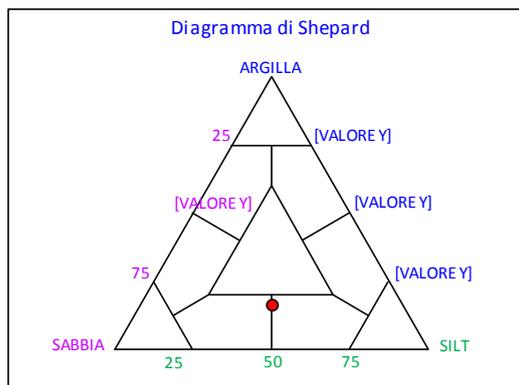
PERCENTILE	∅
5	2,03
16	2,53
25	2,95
50	4,37
75	6,89
84	8,04
95	9,94

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,5	0,5
	1	500	1,1	1,6
	2	250	2,8	4,4
	3	125	21,7	26,1
LIMO	4	62,5	15,4	41,5
	5	31,2	23,1	64,6
	6	15,6	5,0	69,7
	7	7,8	6,0	75,7
ARGILLA	8	3,9	8,1	83,7
	9	2	7,1	90,9
	10	0,98	4,4	95,3
	<10	<0,98	4,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	41,5	42,2	16,3

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt sabbioso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione C5 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	39,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,63
Mediana	M _d	4,14
Classazione	σ	2,52
Asimmetria	S _{sk}	0,26
Appuntimento	K _G	1,02

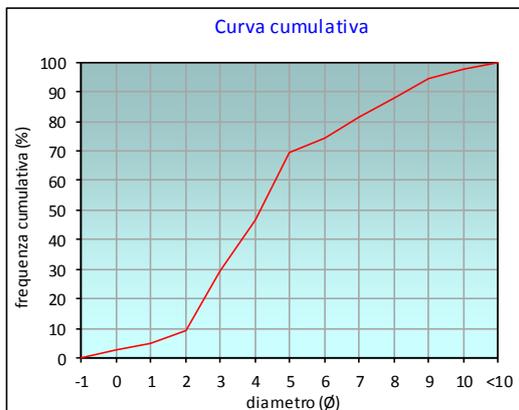
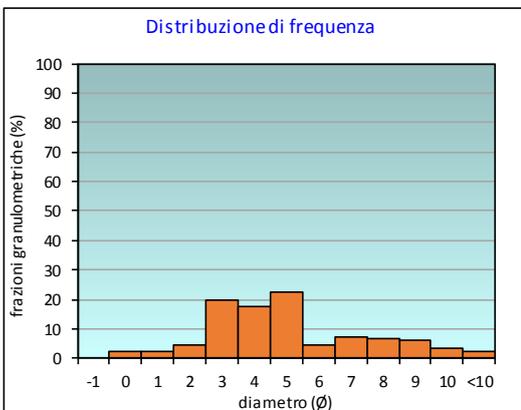
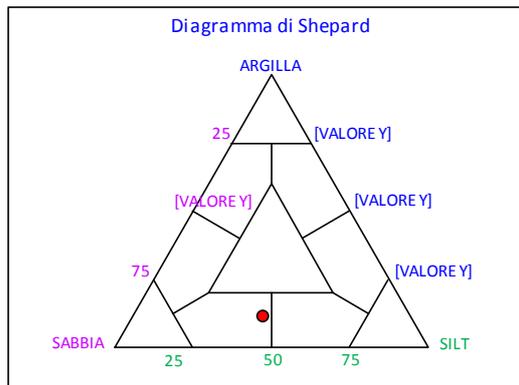
PERCENTILE	∅
5	0,97
16	2,33
25	2,79
50	4,14
75	6,13
84	7,41
95	9,24

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	2,5	2,5
SABBIA	1	500	2,6	5,1
	2	250	4,3	9,4
	3	125	19,8	29,2
	4	62,5	17,7	46,9
LIMO	5	31,2	22,6	69,5
	6	15,6	4,6	74,1
	7	7,8	7,1	81,2
	8	3,9	6,7	88,0
ARGILLA	9	2	6,2	94,2
	10	0,98	3,3	97,5
	<10	<0,98	2,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	46,9	41,1	12,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C6 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,66
Mediana	M _d	4,03
Classazione	σ	2,24
Asimmetria	S _u	0,42
Appuntimento	K _G	1,10

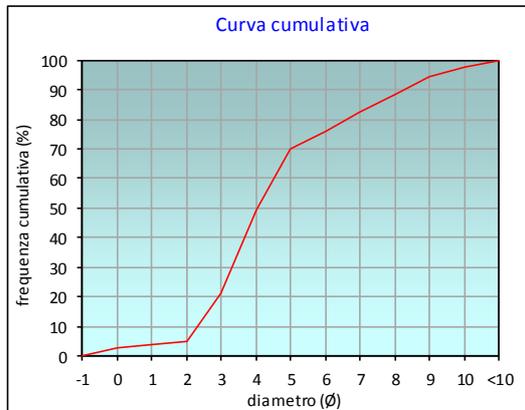
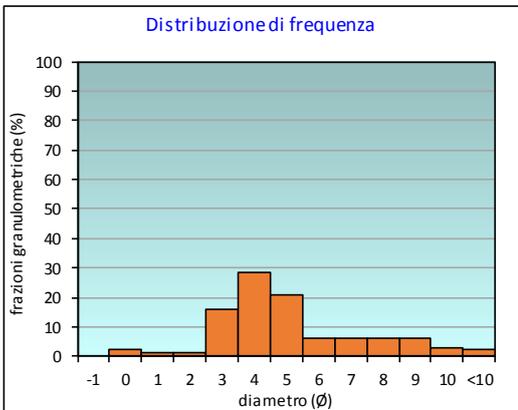
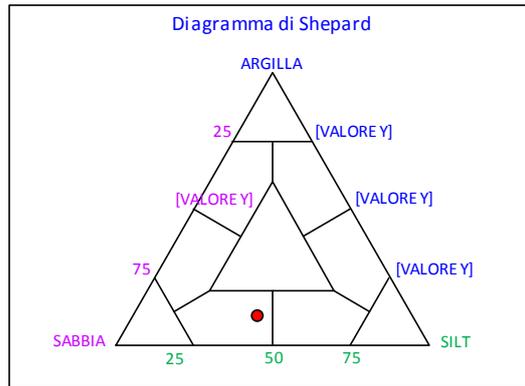
PERCENTILE	∅
5	1,93
16	2,69
25	3,14
50	4,03
75	5,83
84	7,27
95	9,15

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	2,5	2,5
SABBIA	1	500	1,2	3,7
	2	250	1,4	5,1
	3	125	15,8	20,9
	4	62,5	28,5	49,4
LIMO	5	31,2	20,6	70,0
	6	15,6	6,0	76,0
	7	7,8	6,3	82,3
	8	3,9	6,3	88,6
ARGILLA	9	2	5,9	94,5
	10	0,98	3,1	97,6
	<10	<0,98	2,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	49,4	39,2	11,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C7 (100 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	37,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,78
Mediana	M _d	4,18
Classazione	σ	2,28
Asimmetria	S _{sk}	0,41
Appuntimento	K _G	1,15

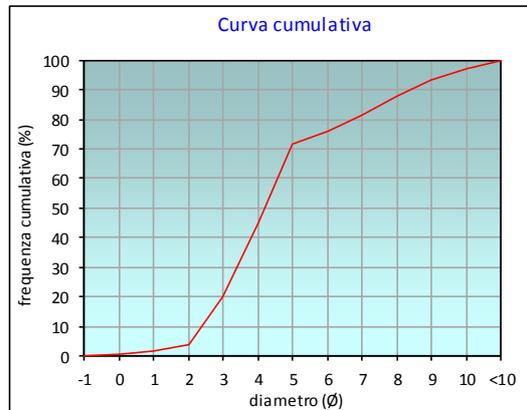
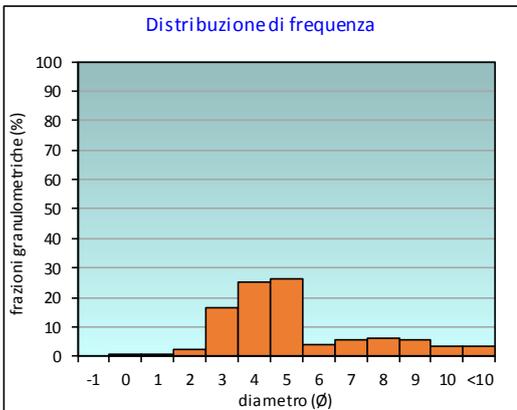
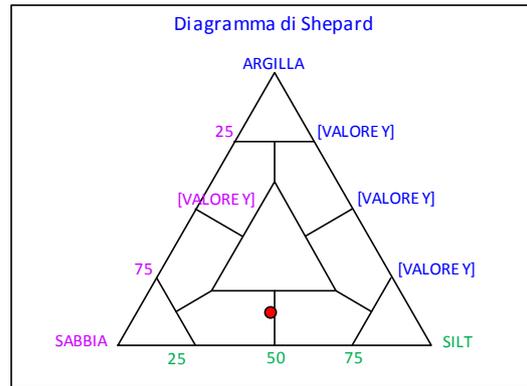
PERCENTILE	∅
5	2,09
16	2,75
25	3,20
50	4,18
75	5,83
84	7,41
95	9,45

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	0,8	1,5
	2	250	2,1	3,6
	3	125	16,5	20,1
	4	62,5	25,2	45,3
LIMO	5	31,2	26,3	71,5
	6	15,6	4,2	75,7
	7	7,8	5,7	81,5
	8	3,9	6,2	87,7
ARGILLA	9	2	5,8	93,5
	10	0,98	3,4	96,9
	<10	<0,98	3,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	45,3	42,4	12,3

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Leptocurtica



Stazione K5

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,60
Mediana	M _d	4,00
Classazione	σ	2,38
Asimmetria	S _{sk}	0,40
Appuntimento	K _G	1,11

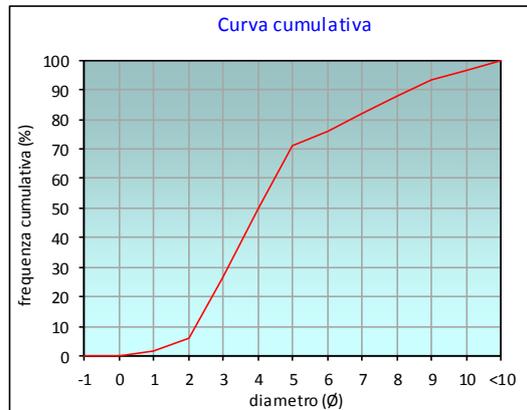
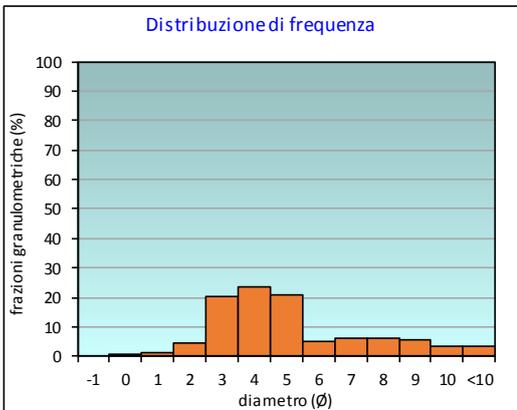
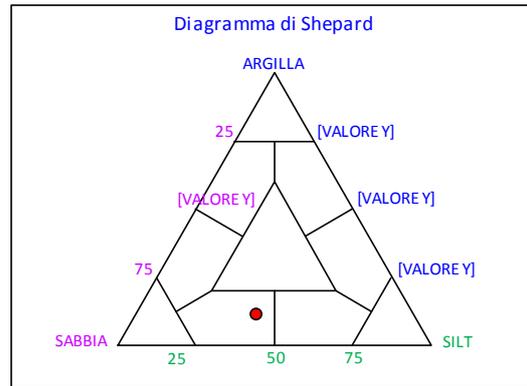
PERCENTILE	Ø
5	1,76
16	2,49
25	2,93
50	4,00
75	5,78
84	7,32
95	9,48

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	1,4	1,5
	2	250	4,5	6,1
	3	125	20,4	26,5
LIMO	4	62,5	23,6	50,1
	5	31,2	20,8	70,9
	6	15,6	5,3	76,2
	7	7,8	6,0	82,1
ARGILLA	8	3,9	6,0	88,1
	9	2	5,4	93,4
	10	0,98	3,2	96,7
	<10	<0,98	3,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	50,1	38,0	11,9

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione K6

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	26,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,54
Mediana	M _d	3,40
Classazione	σ	1,54
Asimmetria	S _{sk}	0,36
Appuntimento	K _G	1,71

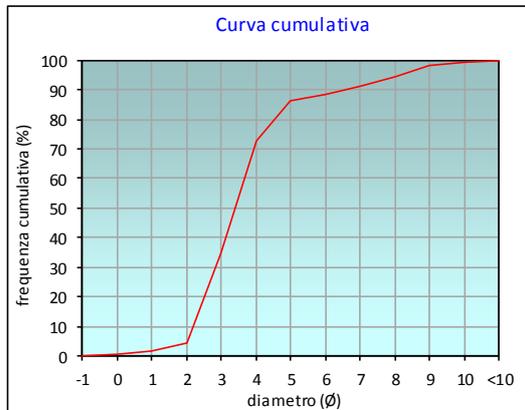
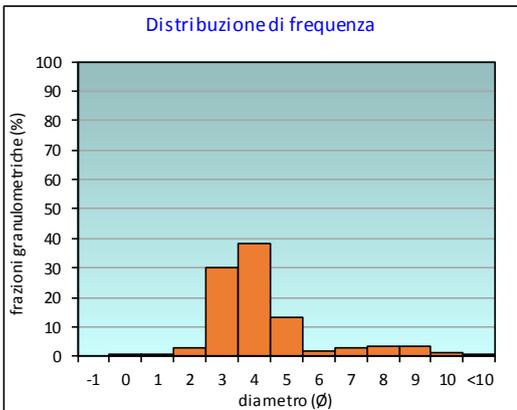
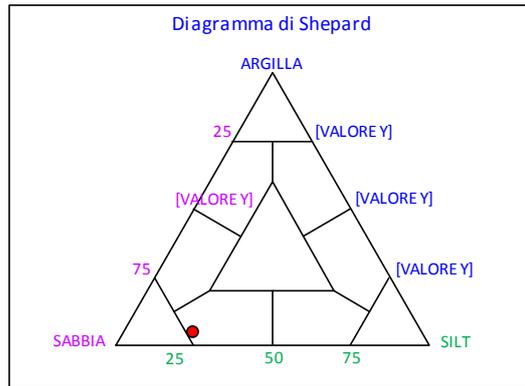
PERCENTILE	∅
5	2,02
16	2,39
25	2,68
50	3,40
75	4,15
84	4,84
95	8,14

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,7	0,7
	1	500	0,9	1,6
	2	250	2,8	4,4
	3	125	30,1	34,5
LIMO	4	62,5	38,4	73,0
	5	31,2	13,2	86,2
	6	15,6	2,0	88,2
	7	7,8	2,7	90,9
ARGILLA	8	3,9	3,6	94,5
	9	2	3,4	97,9
	10	0,98	1,4	99,3
	<10	<0,98	0,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	73,0	21,6	5,5

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica



Stazione K7

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	26,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,60
Mediana	M _d	3,43
Classazione	σ	1,58
Asimmetria	S _{sk}	0,37
Appuntimento	K _G	1,69

PERCENTILE	∅
5	2,03
16	2,41
25	2,71
50	3,43
75	4,22
84	4,96
95	8,21

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,8	1,3
	2	250	2,8	4,1
	3	125	29,3	33,4
	4	62,5	39,0	72,4
LIMO	5	31,2	12,1	84,5
	6	15,6	2,9	87,3
	7	7,8	3,7	91,1
	8	3,9	3,4	94,4
ARGILLA	9	2	2,7	97,1
	10	0,98	1,5	98,6
	<10	<0,98	1,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	72,4	22,0	5,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Molto Leptocurtica

