

**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**

**2° ANNO**

**(gennaio - giugno 2017)**

**RAPPORTO n. 5**

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

**COORDINATORE:**

**GIANNA FABI**  
*Gianna Fabi*

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:**

**ALESSANDRA SPAGNOLO**  
*Alessandra Spagnolo*

**RAPPORTO A CURA DI:**

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

**ANCONA, Novembre 2017**



# INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>2. PIATTAFORMA BONACCIA NW</b> .....	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 .....	24
2.1.2.4 Indagini sulla comunità bentonica .....	30
2.1.2.5 Indagini sul popolamento ittico .....	34
2.2. RISULTATI .....	38
2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	38
2.2.1.1 Temperatura, salinità, torbidità, Ossigeno disciolto e fluorescenza indotta.....	38
2.2.1.2 Sali nutritivi .....	44
2.2.1.3 Clorofille <i>a</i> , <i>b</i> e <i>c</i> e particellato 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 .....	80
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> .....	84
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 .....	98
2.2.5.3	Dominanza .....	98
2.2.5.4	Ricchezza specifica totale (S) .....	99
2.2.5.5	Ricchezza specifica media ( $S_m$ ).....	101
2.2.5.6	Diversità specifica ( $H'$ ) .....	101
2.2.5.7	MultiDimensional Scaling (MDS) .....	102
2.2.5.8	Valutazione dello stato ambientale .....	103
2.2.6.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	107
2.2.6.1	Campionamenti di pesca.....	107
2.2.6.2	Investigazioni acustiche .....	114
2.2.6.3	Acquisizione di immagini tramite telecamera .....	127
2.2.7.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI.....	128
2.3.	CONCLUSIONI .....	129

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

<b>BONACCIA</b> .....	137
3.1. MATERIALI E METODI .....	137
3.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE.....	137
3.1.1.1 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica .....	137
3.1.1.2 Ecotossicologia dei sedimenti .....	138
3.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI .....	138
3.2. RISULTATI .....	139
3.2.1 INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI .....	139
3.2.1.1 Granulometria.....	139
3.2.1.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici .....	140
3.2.1.3 Idrocarburi totali .....	141
3.2.1.4 Metalli pesanti .....	141
3.2.1.5 Sostanza organica .....	146
3.2.1.6 Total Organic Carbon .....	147
3.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI .....	148
3.2.2.1 <i>Dunaliella tertiolecta</i> .....	148
3.2.2.2 <i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	148
3.2.2.3 <i>Corophium orientale</i> .....	149
3.2.2.4 <i>Crassostrea gigas</i> .....	149
3.2.2.5 Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i> .....	150
3.2.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	152
3.2.3.1 Densità (N) e Biomassa (P) .....	152
3.2.3.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute .....	158
3.2.3.3 Dominanza .....	158
3.2.3.4 Ricchezza specifica totale (S) .....	160
3.2.3.5 Ricchezza specifica media ( $S_m$ ).....	161
3.2.3.6 Diversità specifica ( $H'$ ) .....	161
3.2.3.7 MultiDimensional Scaling (MDS) .....	162
3.2.3.8 Valutazione dello stato ambientale .....	162

3.3.	CONCLUSIONI .....	165
<b>4.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>168</b>
<b>ALLEGATO A</b>	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
<b>ALLEGATO B</b>	Schede granulometriche dei siti posti nell'area della piattaforma Bonaccia NW e dei controlli K1-K4 - 3° survey post lavori .....	XVIII
<b>ALLEGATO C</b>	Schede granulometriche dei siti posti lungo il transetto C e dei controlli K5-K7 - 3° 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 D. Cassin M. Casula L. Dametto A. De Lazzari M. Leonetti S. Pasqual A. Pesce P. Polidori M. Borghini P. Celentano	CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR La Spezia CNR - ISMAR La Spezia
Misure correntometriche	M. Borghini P. Celentano	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	C. Cuicchi L. Montagnini P. Polidori E. Punzo V. Salvalaggio A. Santelli P. Strafella	Cooperativa Mare Ricerca Ancona Cooperativa Mare Ricerca Ancona CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona
Comunità ittica	P. Polidori C. Ferrà Vega A. Gaetani G. Pellini A.N. Tassetti	CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona CNR - ISMAR Ancona
Censimento mammiferi e rettili marini	V. Salvalaggio P. Strafella C. Ferrà Vega	CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona

Hanno inoltre collaborato allo svolgimento dei campionamenti in mare i Sigg.ri Giampaolo Gaetani e Antonio Marziali imbarcati sulla M/R Tecno pesca 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 e 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 o tuttora in corso dal CNR-ISMAR presso analoghe strutture situate in Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002a; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016; 2017a) e le prescrizioni dell'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 (solo piattaforma; sea-line solo nella fase di installazione).

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 (solo correntometria), 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 sono previsti 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 (eccetto correntometria) 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 (gennaio-giugno) del 2° anno (2017) relativo alla fase di produzione delle strutture.

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

<b>Fase</b>	<b>Comparti d'indagine</b>	<b>Piattaforma Bonaccia NW</b>	<b>Sea-line</b>
<b>Ante operam</b>	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	
<b>Cantiere</b>	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	*	*
<b>Esercizio</b>	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	
<b>Pre smantellamento</b>	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	
<b>Smantellamento</b>	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	
<b>Post smantellamento</b>	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 posa in opera sono terminati a fine gennaio 2016.

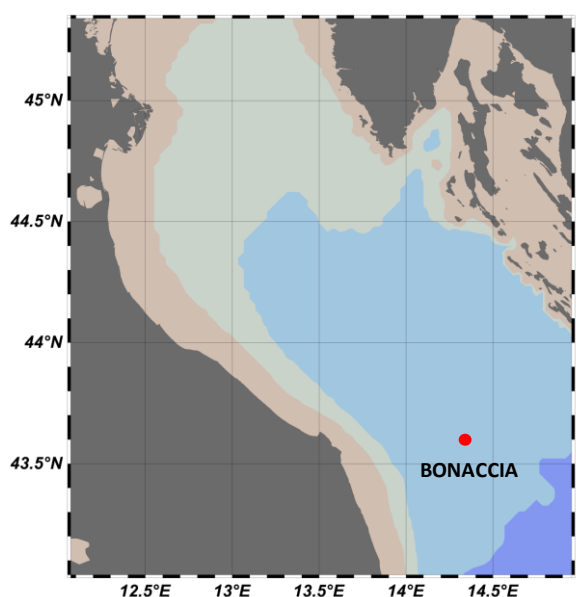


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Bonaccia NW.

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

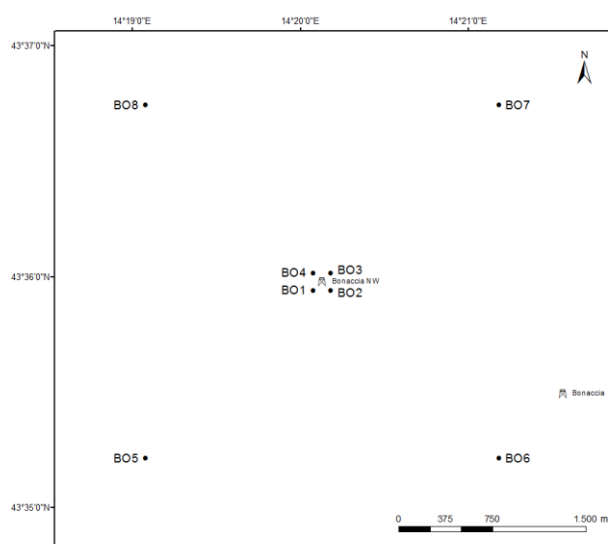
##### 2.1.1.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nel 1° semestre del 2° anno di produzione (2017) sono stati condotti 3 survey a gennaio, marzo e maggio.

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-II).

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 dei siti di campionamento utilizzati per le indagini idrologiche.

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 e al buio fino al momento delle analisi. I campioni dei nutrienti e i filtri per i solidi sospesi e per i pigmenti clorofilliani sono stati conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

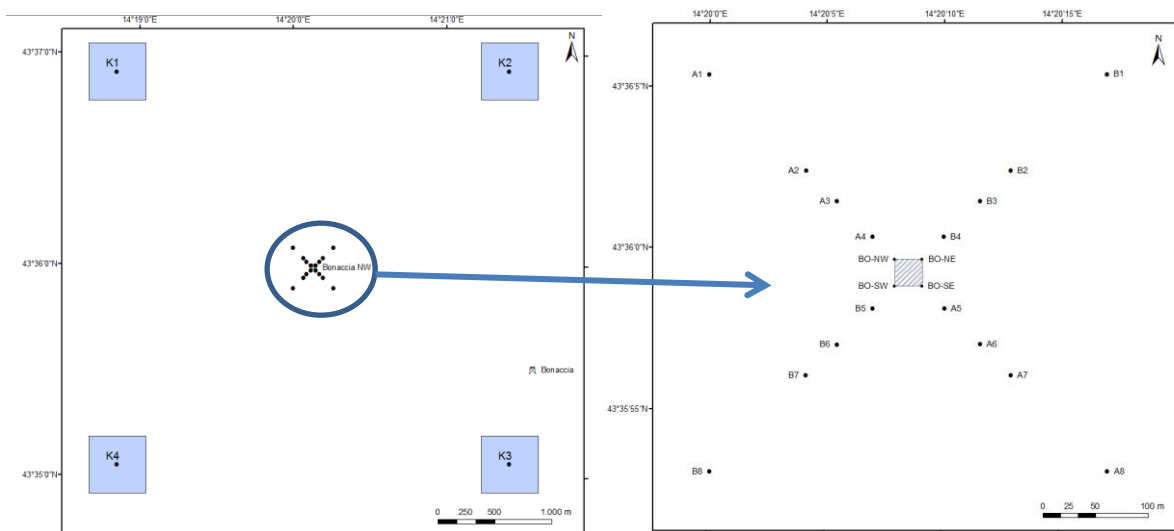
### **2.1.1.2 Misure correntometriche**

Nel 1° semestre 2017 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 95 kg. Il correntometro acustico (ADCP), oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, ha misurato la temperatura e la pressione nel luogo in cui era posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s. Il correntometro è stato settato per effettuare registrazioni ogni ora in 25 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. Sono stati registrati dal 01/01 al 30/06/2017.

### 2.1.1.3 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica

Nella fase di produzione di Bonaccia NW 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 al monitoraggio condotto nell'inverno 2017, corrispondente al 3° survey post lavori di installazione, 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 posti attorno alla piattaforma.

**Tab. 2-III** - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 3° 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°36'131N 14°20'045E	87,0
A2	120	NW	43°36'087N 14°20'066E	87,0
A3	60	NW	43°36'058N 14°20'095E	87,0
A4	30	NW	43°36'050N 14°20'107E	87,0
<b>BO NW</b>	<b>0</b>	<b>NW</b>	<b>43°36'035N 14°20'131E</b>	<b>86,7</b>
<b>BO SE</b>	<b>0</b>	<b>SE</b>	<b>43°36'018N 14°20'158E</b>	<b>87,0</b>
A5	30	SE	43°36'011N 14°20'166E	87,0
A6	60	SE	43°35'996N 14°20'176E	87,2
A7	120	SE	43°35'971N 14°20'203E	87,2
A8	250	SE	43°35'937N 14°20'242E	87,2
B1	250	NE	43°36'137N 14°20'254E	86,8
B2	120	NE	43°36'036N 14°20'188E	87,1
B3	60	NE	43°36'068N 14°20'168E	87,0
B4	30	NE	43°36'055N 14°20'156E	86,8
<b>BO NE</b>	<b>0</b>	<b>NE</b>	<b>43°36'044N 14°20'138E</b>	<b>86,8</b>
<b>BO SW</b>	<b>0</b>	<b>SW</b>	<b>43°36'015N 14°20'118E</b>	<b>86,4</b>
B5	30	SW	43°36'007N 14°20'105E	86,7
B6	60	SW	43°35'993N 14°20'094E	87,1
B7	120	SW	43°35'974N 14°20'052E	87,0
B8	250	SW	43°35'954N 14°20'005E	87,1
K1	2000	NW	43°36'986N 14°18'912E	84,0
K2	2000	NE	43°36'999N 14°21'886E	84,4
K3	2000	SE	43°34'751N 14°21'465E	83,9
K4	2000	SW	43°35'065N 14°18'887E	86,1

**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:

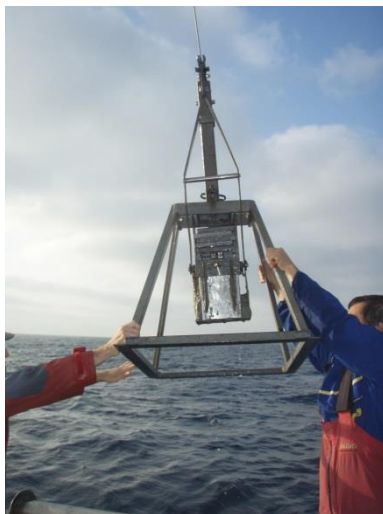
- aspetto macroscopico (colore, odore, eventuale presenza di frammenti di conchiglie, concrezioni, ecc.);
- tessitura;
- presenza di strutture sedimentarie di varia natura;

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;
- 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  $-18^{\circ}\text{C}$  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 monitoraggio effettuato nell'inverno 2017 non sono stati rinvenuti esemplari di *Mytilus galloprovincialis* adesi sulle parti sommerse della struttura in quanto, prima del campionamento, ENI aveva provveduto alla pulizia delle parti sommerse della struttura; pertanto non è stato possibile eseguire tale tipo di analisi.

#### **2.1.1.6 Indagini sul popolamento ittico**

**Campionamenti di pesca** - Nel periodo gennaio-giugno 2017 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 (circa 87 m) e a una distanza di circa 1mn, 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” le cui caratteristiche sono riportate in 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 meteo-marine.

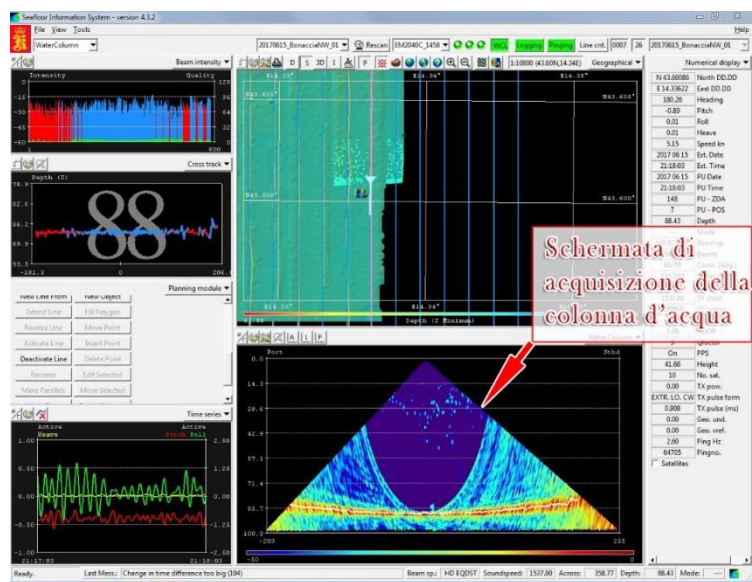
**Investigazioni acustiche** - Le investigazioni acustiche, condotte contemporaneamente ai campionamenti di pesca, sono state eseguite con sistema multibeam echosounder (MBES; Kongsberg Simrad EM2040C; All. 4-II) installato a bordo della TecnoPesca II di proprietà del CNR-ISMAR UOS Ancona. Lo strumento lavora a frequenze variabili che possono essere scelte dall'utente in un range tra 200 e 400 kHz modulabili di 10 in 10. E' un

sistema ad alta risoluzione (1 cm) che 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.

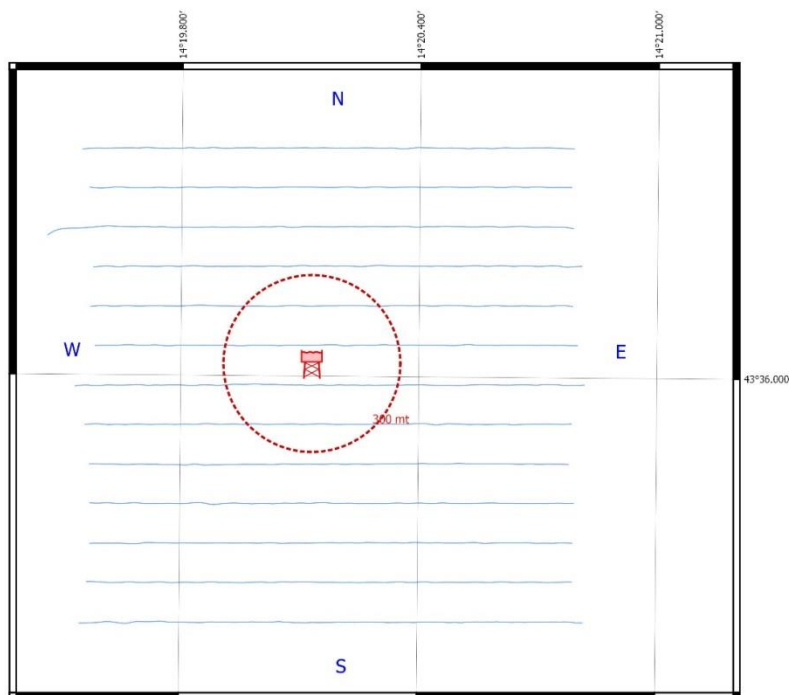
La fig. 2.8 illustra lo schema di campionamento adottato durante i survey. La colonna d'acqua è stata insonificata tramite una griglia quadrata dimensioni pari a 1500x1500 m composta da 13 transetti, di interasse pari a 135 m circa e centrata sulla piattaforma. Negli schemi planari di campionamento dei 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 nell'ambiente circostante: 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.

Un totale di 800 fasci acustici è stato campionato digitalmente, 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 130° in totale, è stato possibile investigare circa 360 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.



**Fig. 2.7** - Esempio di schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM2040CD. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua.



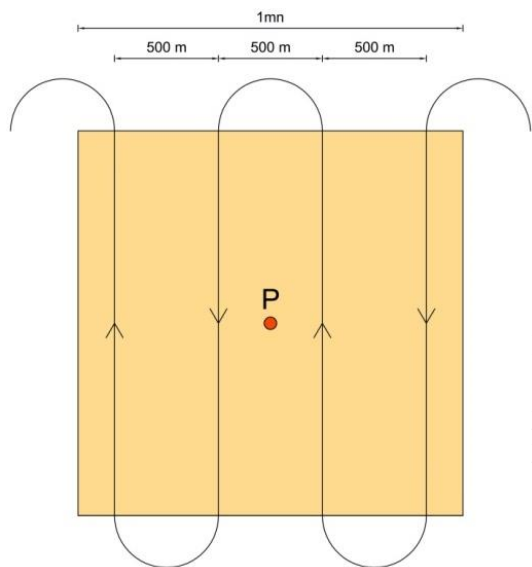
**Fig. 2.8** - Schema di campionamento adottato durante i survey effettuati con MBES EM2040C. La figura non è in scala. Al centro il simbolo della piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

**Indagini video** - Durante i survey con MBES, 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 ( $\geq 200$  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  $1 \text{ km}^2$  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 2017 sono stati effettuati 3 avvistamenti/mese.



**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  $\mu\text{m}$ ;  $\text{\O} = 47$  mm), e conservati al buio ad una temperatura di  $-20^{\circ}\text{C}$

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 esposte in Grasshoff *et al.* (1999), in particolare:

- azoto da ammoniaca N-NH<sub>3</sub>: 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-NO<sub>2</sub>: 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-NO<sub>3</sub>: 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-PO<sub>4</sub>: 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-SiO<sub>4</sub>: 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-NH<sub>3</sub>: 0,05 µM;
- N-NO<sub>2</sub>: 0,01 µM;
- N-NO<sub>3</sub>: 0,10 µM;
- P-PO<sub>4</sub>: 0,01 µM;
- Si-SiO<sub>4</sub>: 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<sup>-1</sup>.

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<sup>-1</sup>. 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 combusti 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).

**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).

**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
<b>SOLVENTI ORGANICI AROMATICI (BTEX)</b>			
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
<b>ALTRE SOSTANZE</b>			
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 gaschromatography/ 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.*

**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 (C<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) e del n-tetracontano (C<sub>40</sub> H<sub>82</sub>) (frazione estraibile).



- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra il n-pentano (C<sub>5</sub> H<sub>12</sub>) e in n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>12</sub>) 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 FISON INST. con colonna capillare e rivelatore F.I.D., munito di autocampionatore 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  $\phi$  = 3 cm, 5  $\mu$ m) 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  $\mu$ 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 rivelatore 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 FISIONS INST. con colonna capillare e rivelatore F.I.D., munito di autocampione 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 µg/kg.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come contaminanti di interesse prioritario, espressi in µg/kg di sostanza secca: Naftene, 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<sub>3</sub>, 1 ml di HCl e 4 ml di H<sub>2</sub>O.

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 fornello 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 HNO<sub>3</sub>, 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 mediante 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.

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

In Tab. 2-VI si riportano i dettagli relativi al controllo di qualità del dato analitico per i metalli ricercati.

**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

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

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

**Sostanza organica** - La determinazione 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 H<sub>2</sub>O 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  $2 \times 10^3$  cellule  $\text{ml}^{-1}$ ), le piastre sono state trasferite per 72 h in camera fitologica a condizioni di temperatura e luminosità controllate ( $T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ , luminosità  $< 10000$  lux). Al termine dell'esposizione è stata verificata la crescita algale nel campione, espressa come densità algale, mediante lettura al Coulter Counter; si è proceduto quindi al conteggio delle tre repliche del campione tal quale e del controllo e al loro confronto statistico, per verificare eventuali aumenti o diminuzioni significative della crescita algale nel campione rispetto al controllo e procedere eventualmente alla lettura delle altre diluizioni.

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

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

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

QA/QC - La sensibilità di ogni clone algale impiegato per i test con i campioni di elutriato è stata verificata mediante il test di controllo positivo eseguito con bicromato di potassio il cui risultato, espresso come EC<sub>50</sub>, 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 ( $2 \times 10^3$  cellule ml<sup>-1</sup>);
- 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 soprannatante, 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
EC20 ≥ 90%	Assente
EC20 < 90% e EC50 ≥ 90%	Bassa
20% ≤ EC50 < 90%	Media
EC50 < 20%	Alta

### ***Corophium orientale***

Il saggio effettuato è stato allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005(E) (2005). Il principio del saggio biologico "a breve termine" (tossicità acuta) consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 10 gg al sedimento tal quale, al fine 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
- $\text{O}_2$  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  $\text{mg l}^{-1}$   $\text{CdCl}_2$ . A inizio e fine saggio sono stati misurati i seguenti parametri dell’acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità,  $\text{NH}_4^+$  e ossigeno disciolto.

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

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

Tossicità a lungo termine	Giudizio
$M < 15\%$	Assente
$15\% < M \leq 30\%$	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 % 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 possono essere espressi sia in termini di % di successo del test normalizzata (S%) rispetto alla risposta del controllo (acqua marina artificiale), sia in termini di EC<sub>50</sub>, qualora la distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC<sub>50</sub> sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione TU = 100/ EC<sub>50</sub>. 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

Parametro	Giudizio di Tossicità		
50 < S ≤ TL	Bassa	dell'effetto	
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 = Toxicity limit = Controllo · 90% 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 cm<sup>3</sup> 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, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 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<sub>b</sub>** - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi prima (bianco) della loro esposizione ai sedimenti testati;

**C<sub>e</sub>** - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi dopo la loro esposizione ai sedimenti testati.

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

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

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

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

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

Ricchezza specifica media (S<sub>m</sub>): *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).

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

L'indice si basa sulla seguente formula:

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

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

Questo indice oscilla da -1 a +1 e indica nel primo caso la presenza di una comunità fortemente disturbata e, nel secondo, la presenza di un ambiente non perturbato. Nel caso in cui il valore sia vicino allo 0, l'ambiente è da considerare moderatamente perturbato (Craeymeersch, 1991). Per ottenere una classificazione della qualità dell'ambiente si è deciso di utilizzare gli intervalli di valori dell'indice W riportati in Tab. 2-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 ( $1 < \text{AMBI} \leq 3,5$ );
3. moderatamente disturbati ( $3,5 < \text{AMBI} \leq 5$ );
4. molto disturbati ( $5 < \text{AMBI} \leq 6$ );
5. estremamente disturbati ( $6 < \text{AMBI} \leq 7$ ).

I gruppi ecologici nei quali vengono raggruppate le specie (il cui elenco disponibile nel software AMBI 5.0 è aggiornato a giugno 2017) 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 sul popolamento ittico

#### 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 media (S), intesa come numero medio 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 calcolato anch'esso per 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.

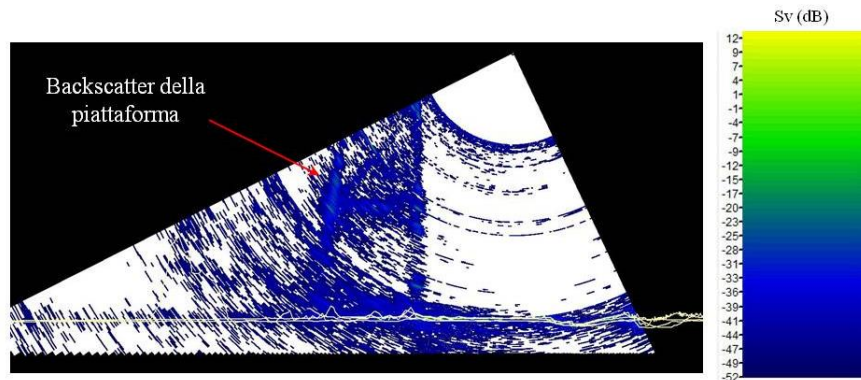
### **Investigazioni acustiche**

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 rilevati. 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.

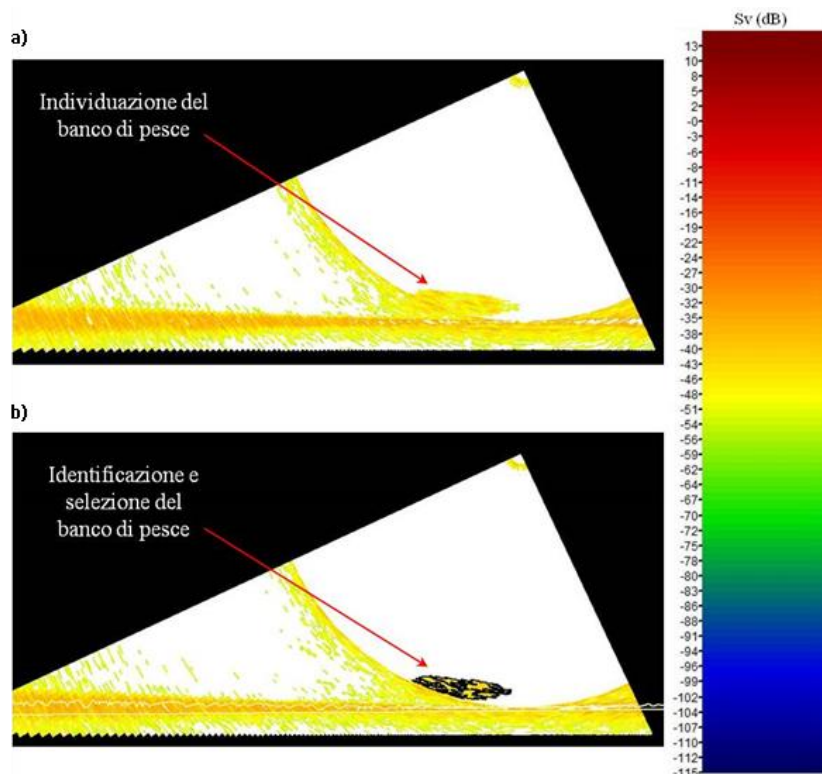
Inoltre, gli impulsi che penetrano negli spazi tra i pali della piattaforma possono venire riflessi più volte prima di tornare ai trasduttori o perdersi nell'ambiente circostante. Per tale motivo sono stati presi in considerazione solo quei target chiaramente distinguibili dall'intenso rumore di fondo. 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 EM2040CD non può essere calibrato per l'identificazione di particolari specie ittiche, si è considerato un *volume backscatter strength* compreso tra -42 +50, range scelto a seguito di un controllo di qualità del dato effettuato al fine di isolare il rumore. 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 quadridimensionali (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 alla 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).

**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 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	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 <sup>-1</sup>	Superficie del target diviso il volume del target.
n. vacuoli	-	Numero di vacuoli individuati all'interno del target.
Volume totale vacuoli	m <sup>3</sup>	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 <sup>-1</sup>	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 <sup>-1</sup>	Valore minimo del volume backscatter strength all'interno del target.
Sv massimo	dB re 1 m <sup>-1</sup>	Valore massimo del volume backscatter strength all'interno del target.
Densità	Kg/m <sup>3</sup>	La densità volumetrica di pesce espressa in unità di massa.

### 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.

## 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 **gennaio 2017** la colonna d'acqua nella maggior parte delle stazioni si è presentata rimescolata fino a circa 40 m di profondità, con temperature di circa 13,5°C e salinità 38,83 psu (fig. 2.12). La staz. BO5 è stata caratterizzata da valori superficiali di poco inferiori (13,4°C e 38,82 psu). Questo ha determinato in superficie un gradiente per entrambi i parametri in aumento da SW verso NE (fig. 2.13).

Più in profondità la temperatura e la salinità hanno mostrato in generale una tendenza alla riduzione, raggiungendo i valori minimi di 11,73°C e 38,67 psu; hanno rappresentato un'eccezione le stazioni BO7 e BO8 (lato Nord) dove, sotto i 50 m, la temperatura e la salinità sono risultate più elevate rispetto alle altre stazioni (fig. 2.13).

La torbidità, determinata come *backscattering* ed espressa dopo calibrazione in mg/l, è apparsa costante (~1,9 mg/l) nei primi 40 m di profondità, aumentando verso il fondo (massimo di 2,84 mg/l in BO6). Anche per questo parametro si discostano dal trend generale le stazioni BO7 e BO8 rimaste pressoché costanti lungo tutta la colonna d'acqua.

La saturazione dell'ossigeno disciolto è rimasta omogenea a tutte le profondità, rientrando nel range 101-104% (fig. 2.12).

Le concentrazioni di fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in µg/l di clorofilla (fig. 2.14), sono apparse intorno a 0,4 µg/l fino a 30 m, con l'eccezione della stazione BO5 dove sono risultate più elevate (circa 0,6 µg/l). Più in profondità è stata rilevata una certa variabilità fra i siti, con valori generalmente più bassi sotto i 40 m. Fanno eccezione BO6 e BO7 che hanno presentato massimi di 0,72 µg/l e di 0,85 µg/l a 40 e 66 m rispettivamente.

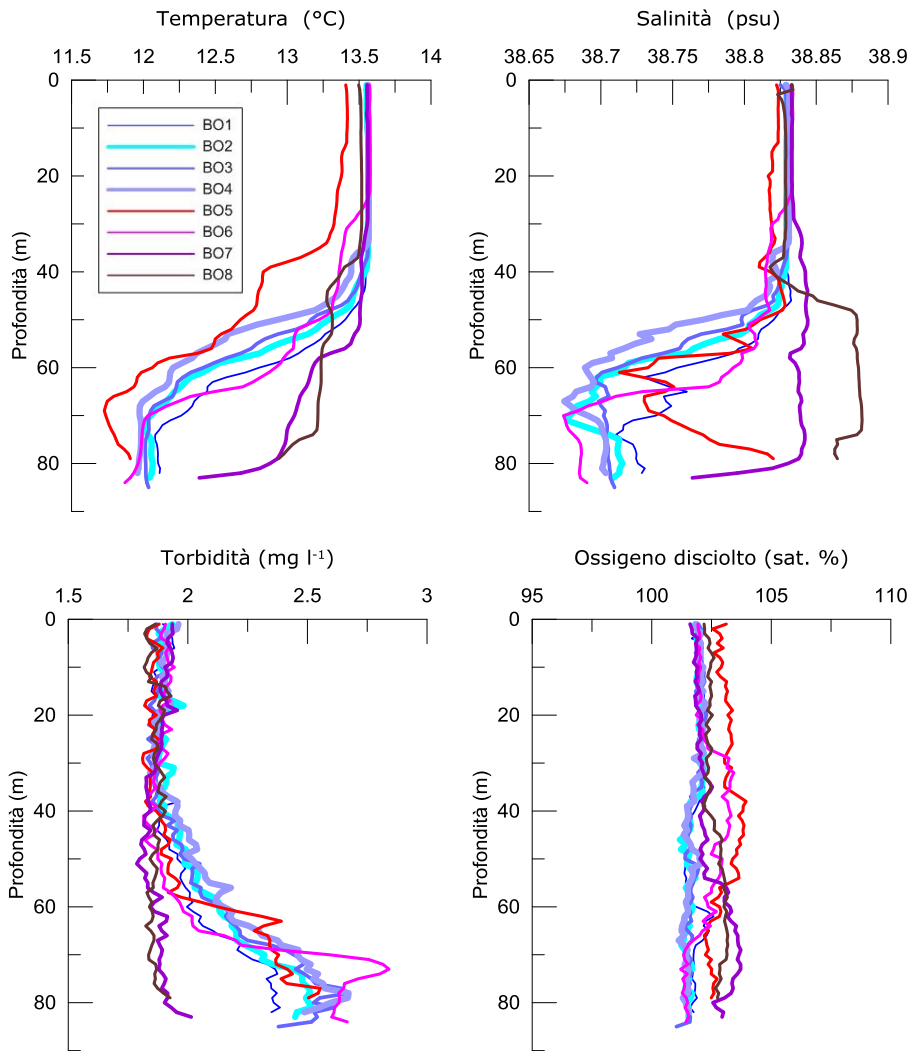
A **marzo** si è verificato un aumento relativo delle temperature superficiali che hanno raggiunto i 14,17°C, mentre al fondo si sono mantenute sui valori osservati in gennaio (minimo 11,54°C; fig. 2.15). La salinità è rimasta simile a quella di gennaio e più elevata in superficie (circa 38,83 psu). In tutte le stazioni era presente sotto i 50 m un'intrusione di acque a minor salinità di circa 20 m di spessore, caratterizzata da un minimo di 38,71 psu a 69 m in BO7 (fig. 2.15). In superficie e al fondo è stato rilevato un trend in aumento di temperatura da SW verso NE (fig. 2.16).

La torbidità è risultata fino a 50-60 m relativamente costante, intorno a 1,70 mg/l, in aumento verso il fondo dove ha raggiunto il massimo di 2,30 mg/l nella stazione BO6 (fig. 2.15).

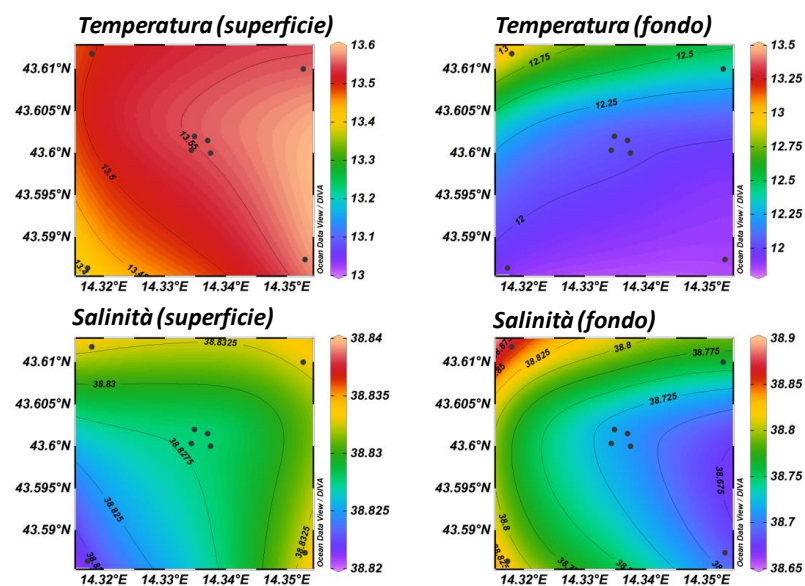
Le percentuali di saturazione dell'ossigeno disciolto erano comprese tra 97 e 106% in diminuzione verso il fondo (fig. 2.15). I valori più elevati sono stati osservati in superficie e verso i 50 m, in corrispondenza dello strato profondo a minor salinità descritto in precedenza. La fluorescenza *in situ* ha avuto valori di poco superiori a quelli di gennaio e picchi di concentrazione tra 20 e 30 m di profondità (massimo di 0,99 µg/l in BO2; fig. 2.17).

A **maggio** è apparso ben evidente il riscaldamento, con temperature di 18,31°C in superficie in diminuzione con la profondità, fino a raggiungere 12,41°C al fondo (fig. 2.18). La salinità è variata di poco lungo la colonna d'acqua essendo compresa tra 38,76 psu (BO5, fondo) e 38,90 psu a 39 m (BO8, 39 m), senza particolari trend nell'area in esame (fig. 2.19). La torbidità è apparsa più elevata rispetto a marzo, con valori di 1,9 mg/l nei primi 60 m di profondità in aumento verso il fondo (massimo di 4,08 mg/l in BO3; fig. 2.18). Le percentuali di saturazione dell'ossigeno disciolto sono variate nel range 89-103%, in diminuzione verso il fondo (fig. 2.18).

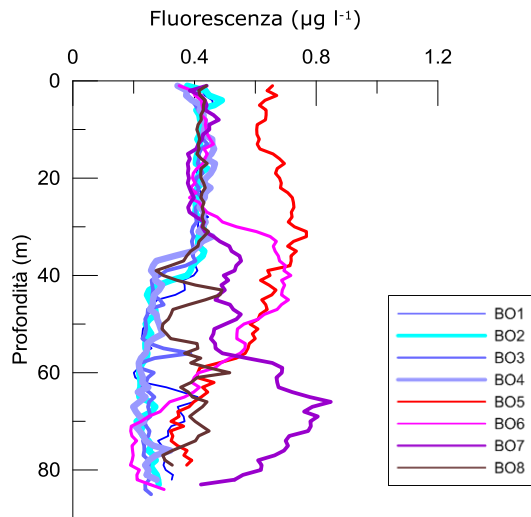
La fluorescenza *in situ* ha mostrato in tutte le stazioni evidenti picchi di concentrazione intorno ai 60 m, con un massimo di 1,49 µg/l nella BO6 a 63 m (fig.2.20).



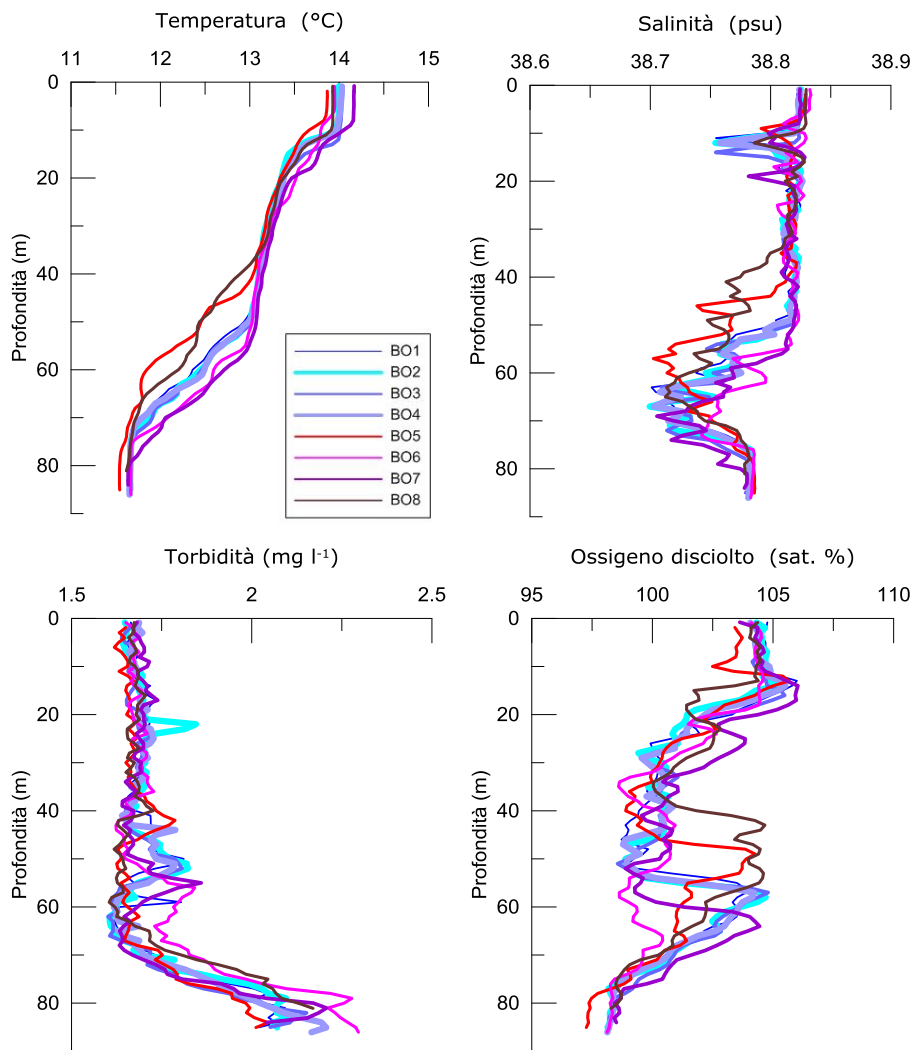
**Fig. 2.12** - Profili di temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM;  $\text{mg/l}$ ) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Gennaio 2017**.



**Fig. 2.13** - Mappe areali rappresentanti la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Gennaio 2017**.

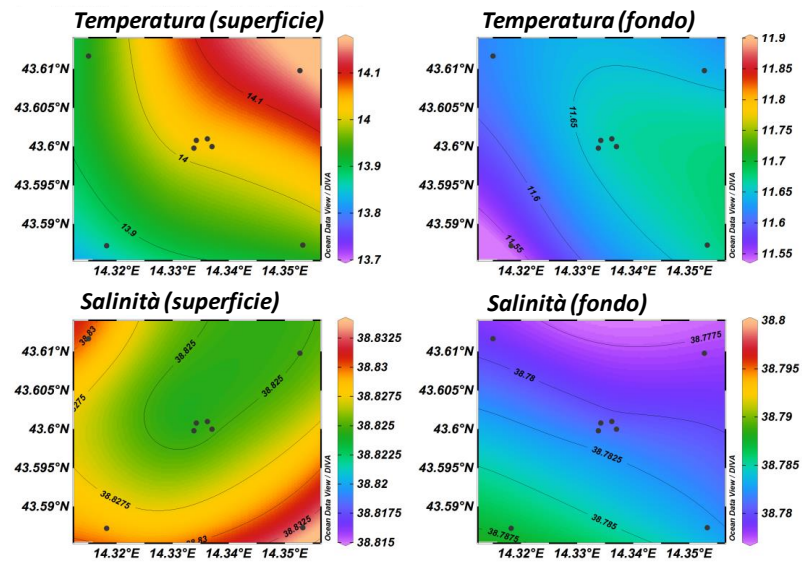


**Fig. 2.14** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ) ottenuti nel **gennaio 2017**.

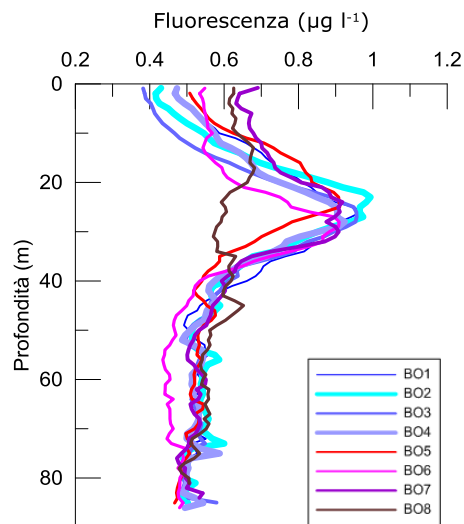


**Fig. 2.15** - Profili di temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM;  $\text{mg/l}$ ) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Marzo 2017**.

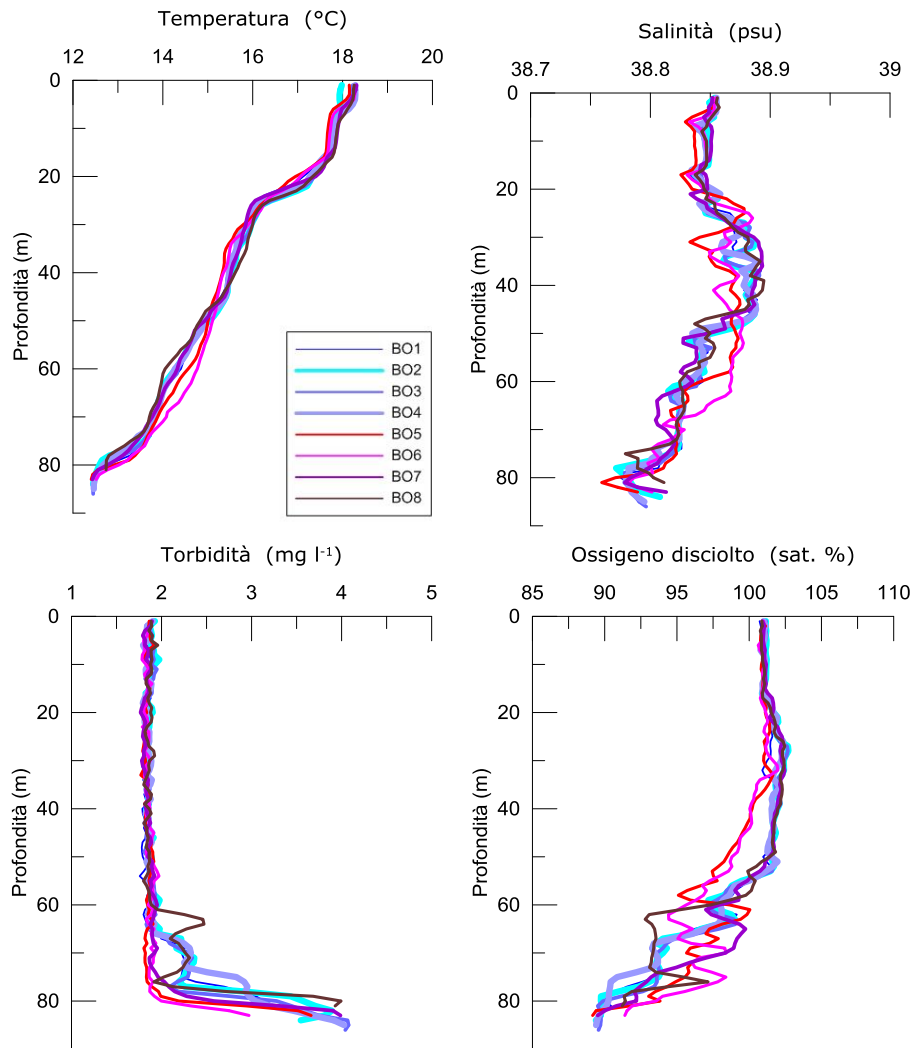




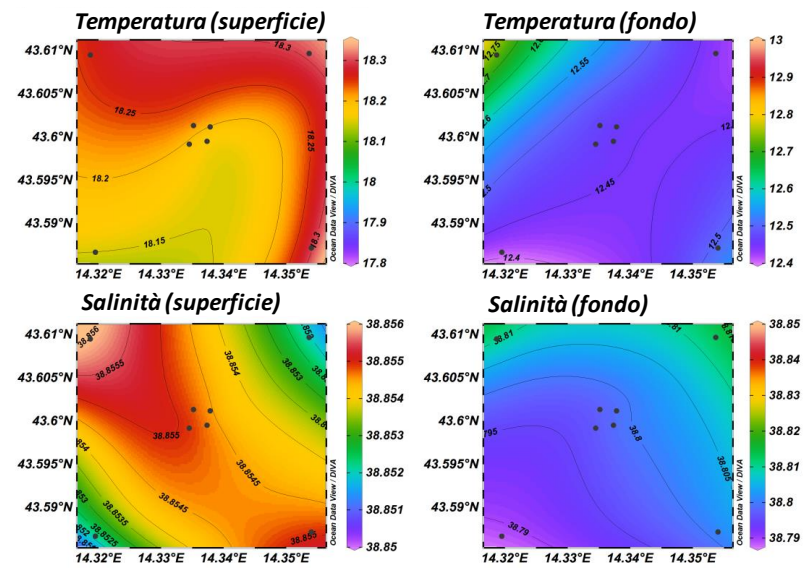
**Fig. 2.16** - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2017.**



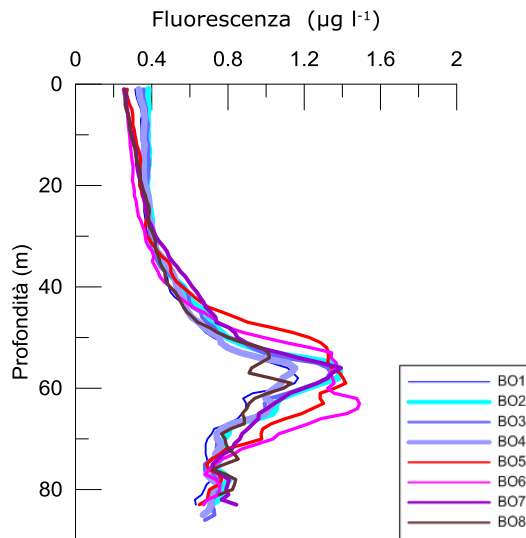
**Fig. 2.17** - Profili di fluorescenza (µg/l) ottenuti nel **marzo 2017.**



**Fig. 2.18** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Maggio 2017**.



**Fig. 2.19** - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2017**.



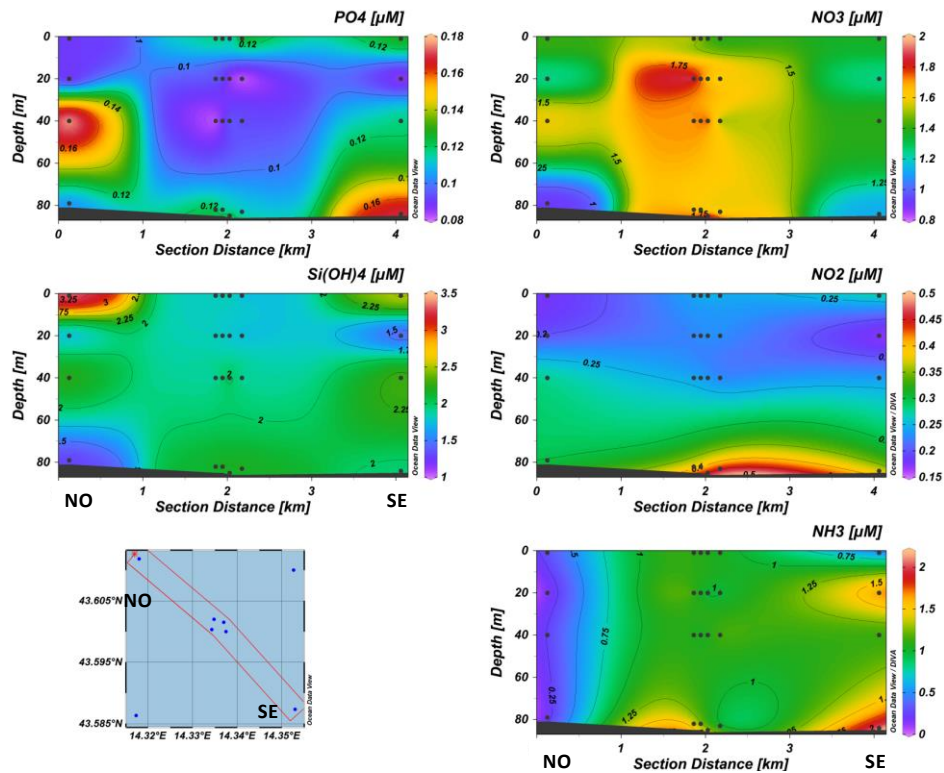
**Fig. 2.20** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ) ottenuti nel **maggio 2017**.

### 2.2.1.2 Sali nutritivi

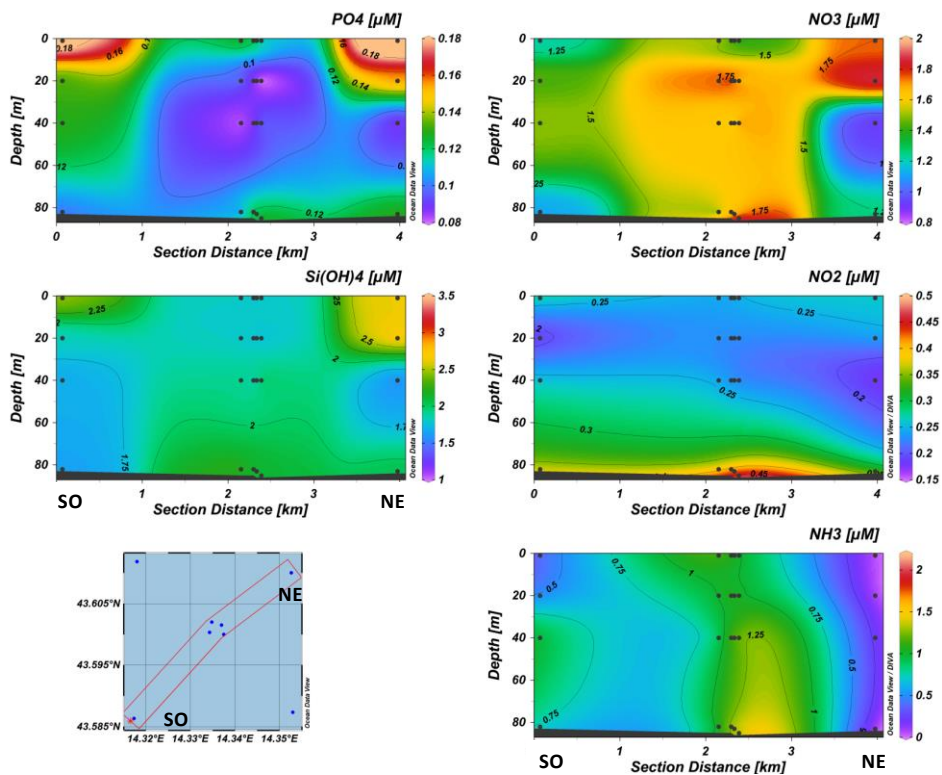
A **gennaio 2017** le concentrazioni dei nutrienti azotati sono risultate mediamente pari a  $1,47 \pm 0,37 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ , a  $0,27 \pm 0,08$  per  $\text{NO}_2$  e a  $0,85 \pm 0,60 \mu\text{M}$  per  $\text{NH}_3$  (figg. 2.21a, 2.21b). Valori più elevati per  $\text{NO}_3$  sono stati misurati nelle stazioni BO3 e BO4 vicine alla piattaforma, con il massimo di  $2,37 \mu\text{M}$  a -20 m della BO4 (figg. 3.10a, 3.10b, 3.11). Nei siti a 100 m, generalmente in prossimità del fondo, sono state misurate concentrazioni maggiori anche per  $\text{NO}_2$  e  $\text{NH}_3$  (fig. 2.22). I  $\text{PO}_4$  hanno presentato un tenore medio di  $0,12 \pm 0,04 \mu\text{M}$ , risultando più elevati nei siti a 2000 m dalla piattaforma in superficie (massimo di  $0,20 \mu\text{M}$  in BO7; figg. 2.21a, 2.21b e 2.22). Sempre nelle stazioni di controllo sono state osservate le concentrazioni maggiori di  $\text{Si(OH)}_4$  (media di  $2,01 \pm 0,46 \mu\text{M}$ ), con un massimo di  $3,38 \mu\text{M}$  in superficie nella BO8 (figg. 2.21a, 2.21b e 2.22).

A **marzo** i  $\text{NO}_3$  sono diminuiti rispetto a gennaio anche se mediamente sono apparsi comparabili ( $1,04 \pm 0,28 \mu\text{M}$ ), essendo il massimo raggiunto pari a  $1,47 \mu\text{M}$  (BO8, 40 m); i valori sono risultati più elevati nelle stazioni a 2000 m dalla piattaforma (figg. 2.23a, 2.23b e 2.24). I  $\text{NO}_2$  ( $0,28 \pm 0,13 \mu\text{M}$ ) hanno presentato massimi al fondo sempre ai controlli, mentre  $\text{NH}_3$  ( $0,69 \pm 0,42 \mu\text{M}$ ) è apparsa maggiore nelle stazioni a 100 m (massimo di  $1,76 \mu\text{M}$  in BO3, superficie; figg. 2.23a, 2.23b). I  $\text{PO}_4$  sono stati in media pari a  $0,12 \pm 0,04 \mu\text{M}$  e prevalentemente presenti nelle stazioni a 2000 m, dove hanno raggiunto il massimo di  $0,24 \mu\text{M}$  in superficie della BO7 (figg. 2.23a, 2.23b e 2.24).

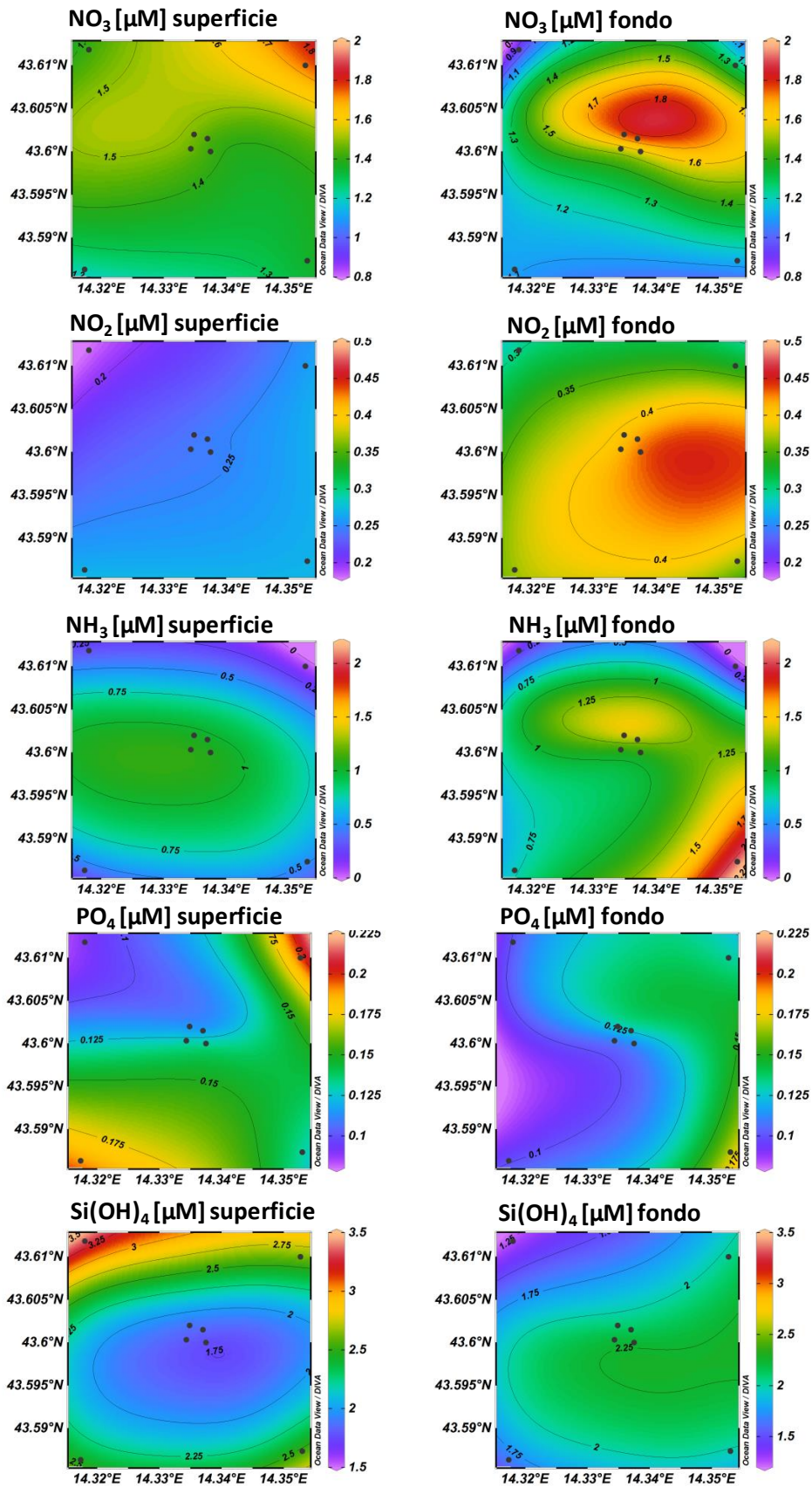
I  $\text{Si(OH)}_4$  ( $1,69 \pm 0,59 \mu\text{M}$ ), sono invece risultati generalmente più elevati in superficie, dove hanno raggiunto il massimo di  $4,03 \mu\text{M}$  nella stazione BO8.



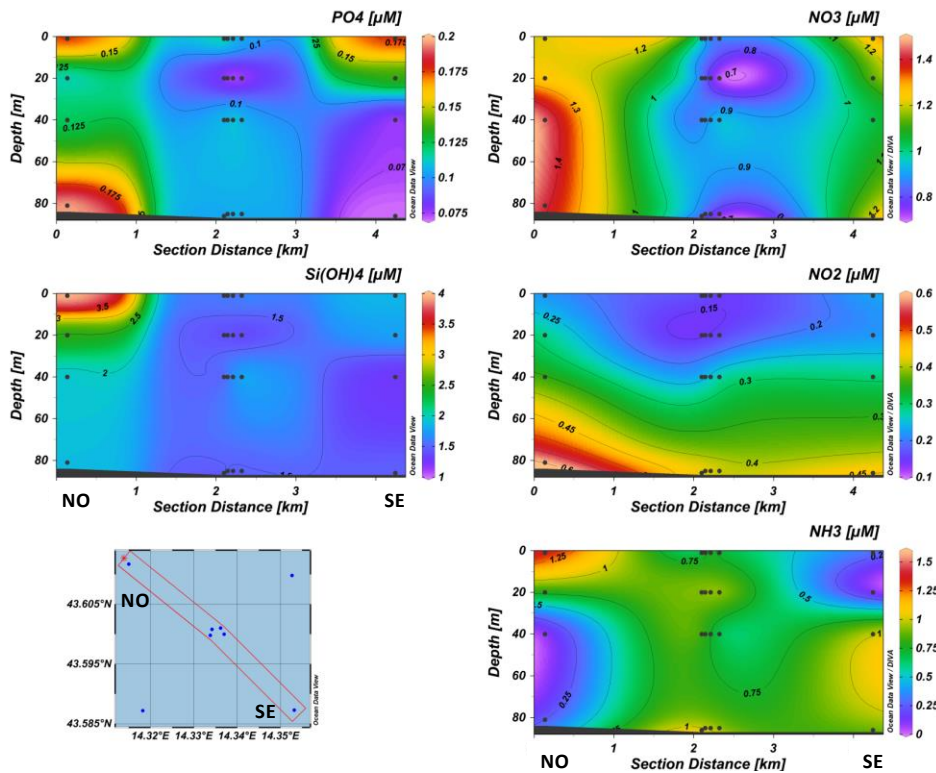
**Fig. 2.21a** - Sezioni verticali delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . Gennaio 2017.



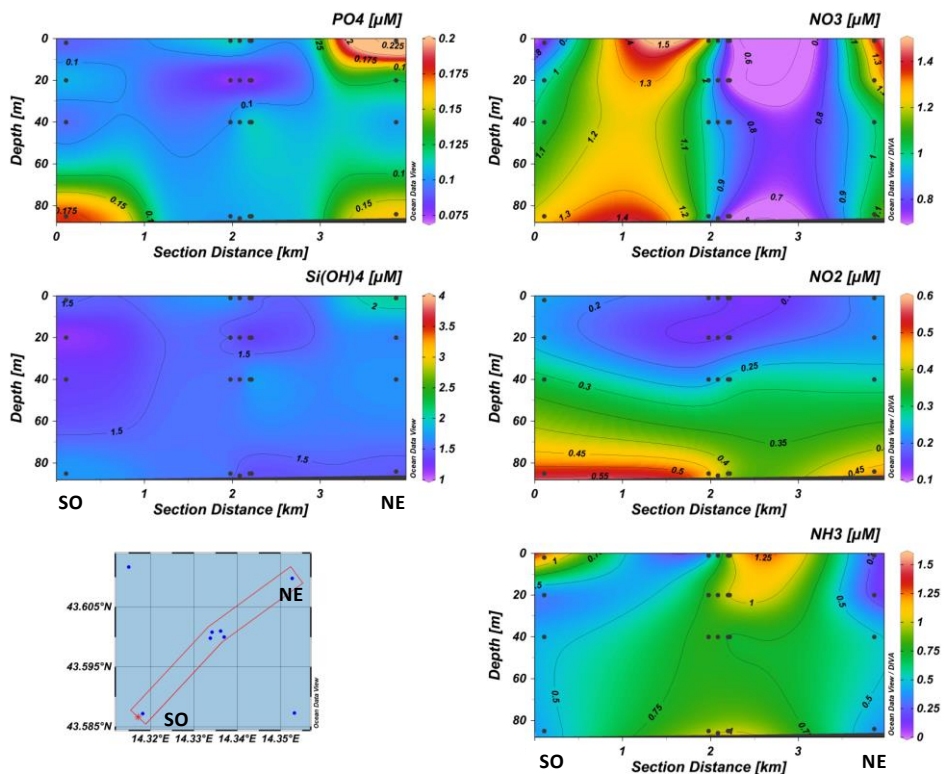
**Fig. 2.21b** - Sezioni verticali delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . Gennaio 2017.



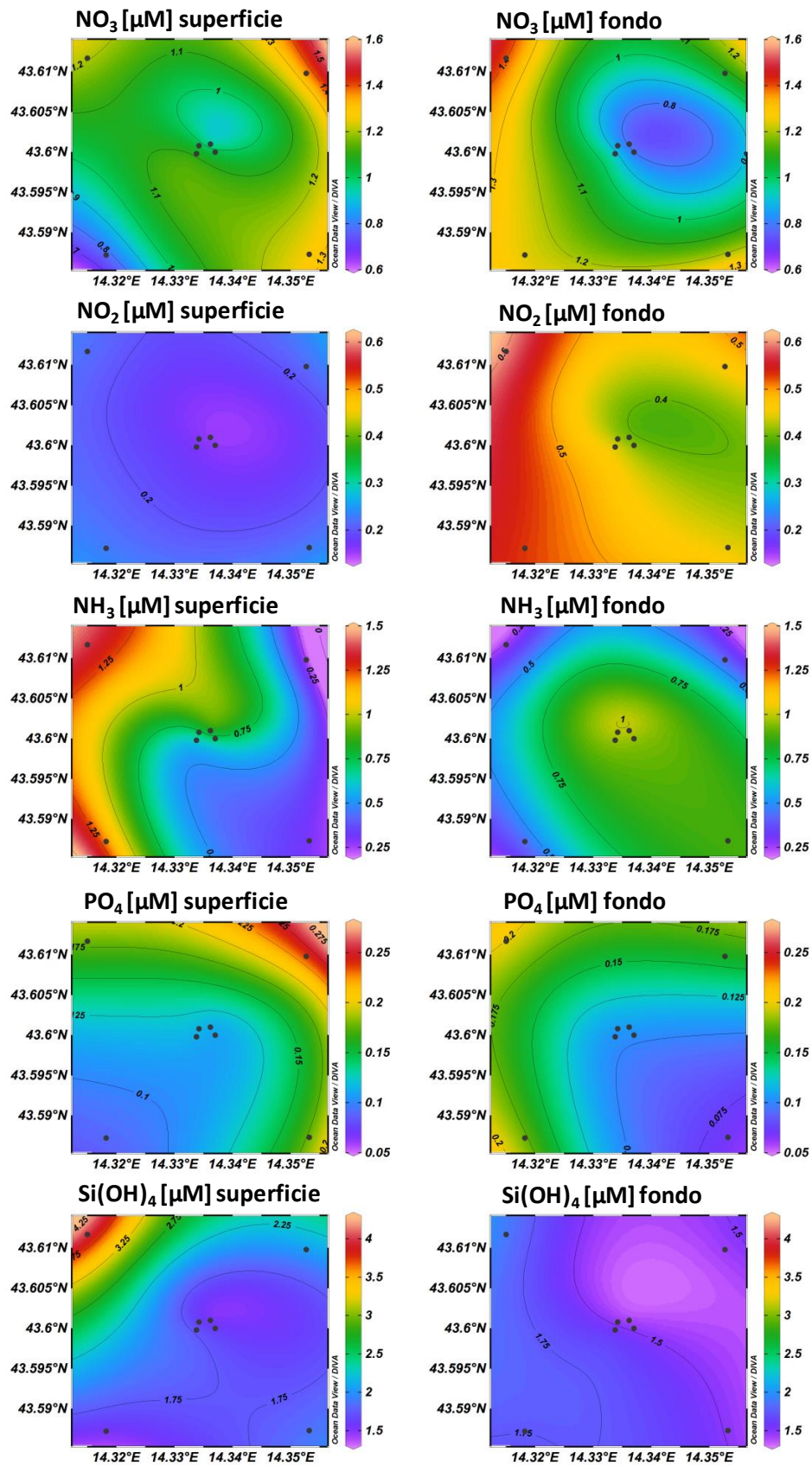
**Fig. 2.22** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ) e ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ , in superficie e al fondo. **Gennaio 2017.**



**Fig. 2.23a** - Sezioni verticali delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . **Marzo 2017**.



**Fig. 2.23b** - Sezioni verticali delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . **Marzo 2017**.

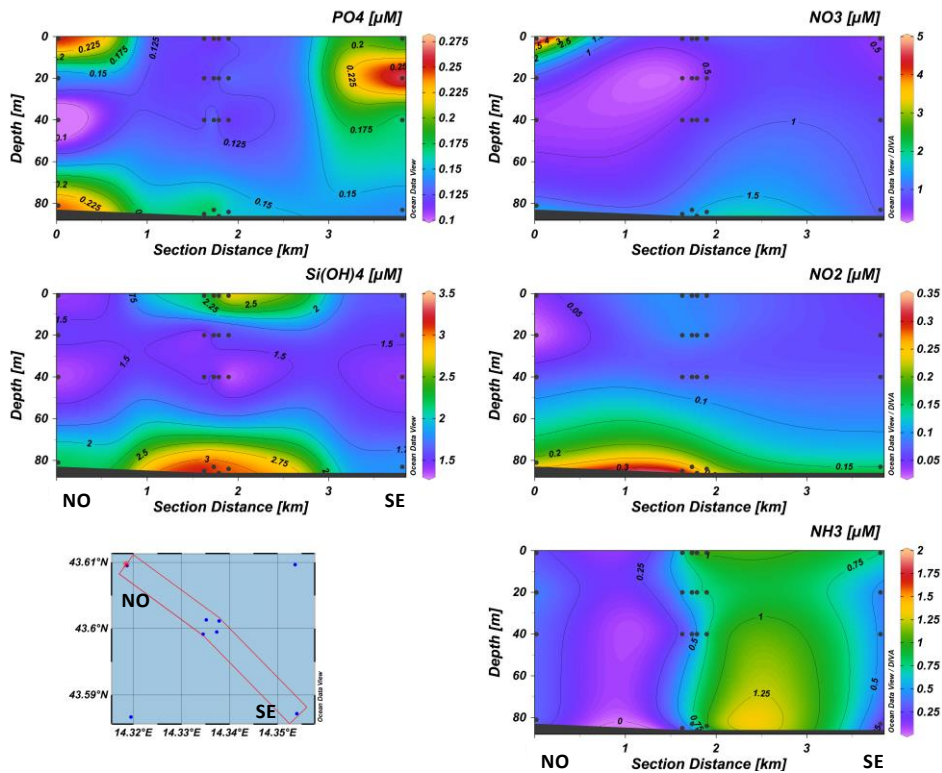


**Fig. 2.24** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO<sub>2</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), ammoniaca (NH<sub>3</sub>), ortofosfati (PO<sub>4</sub>) e ortosilicati (Si(OH)<sub>4</sub>) espresse in μM, in superficie e al fondo. **Marzo 2017.**

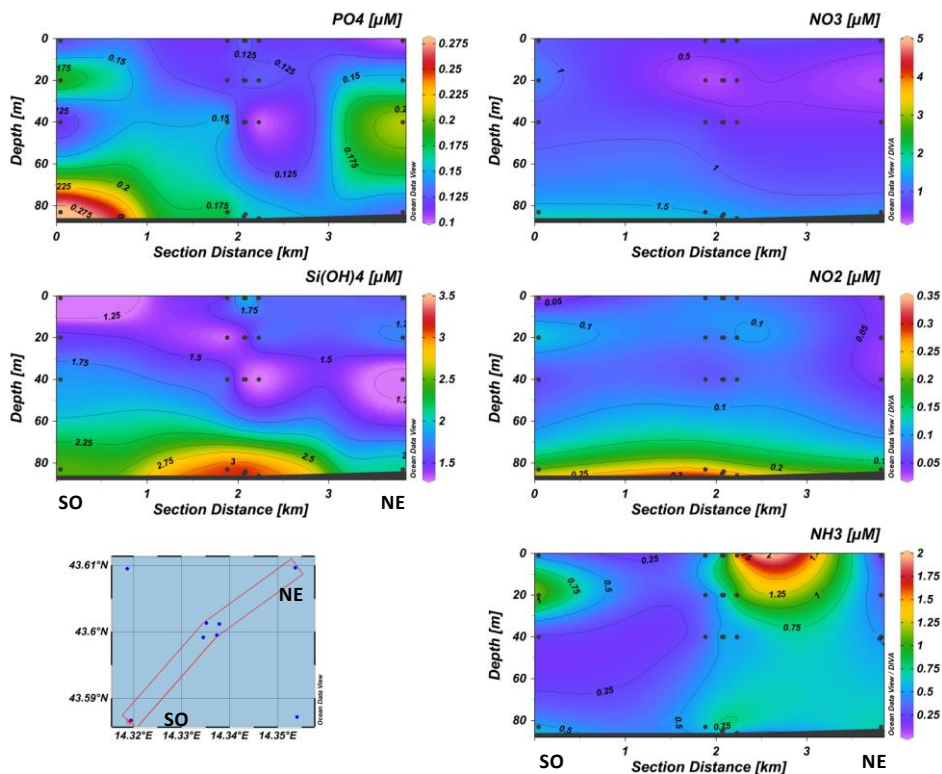
A **maggio** le concentrazioni di  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{NH}_3$  sono state in media rispettivamente pari a  $1,01 \pm 0,93 \mu\text{M}$ , a  $0,11 \pm 0,08 \mu\text{M}$  e a  $0,57 \pm 0,51$  (figg. 2.25a, 2.25b). I valori di  $\text{NO}_3$  sono apparsi analoghi a quelli di marzo, con un massimo di  $5,60 \mu\text{M}$  in superficie nella stazione BO8 (fig. 2.26).  $\text{NO}_2$  sono invece notevolmente diminuiti rispetto alla crociera precedente, con aumenti relativi nelle stazioni centrali al fondo (massimo di  $0,32 \mu\text{M}$  in BO4). Nelle stesse stazioni, ma verso la superficie, sono stati osservati valori più elevati per  $\text{NH}_3$ , che hanno raggiunto i  $2,21 \mu\text{M}$  in BO3 (fig. 2.26).

I  $\text{PO}_4$  e i  $\text{Si(OH)}_4$  sono risultati dello stesso ordine di grandezza rispetto a marzo (rispettivamente  $0,15 \pm 0,06 \mu\text{M}$  e  $1,76 \pm 0,76 \mu\text{M}$ ; figg. 2.25a, 2.25b). Le concentrazioni più elevate sono state osservate nelle stazioni a 2000 m dalla piattaforma per quanto riguarda  $\text{PO}_4$  (massimo di  $0,29 \mu\text{M}$  in BO5, fondo) e sul fondo di quelle a 100 m per quanto riguarda  $\text{Si(OH)}_4$ , anche se il massimo di  $3,49 \mu\text{M}$  è stato raggiunto alla quota superficiale della BO2 (figg. 2.25a, 2.25b e 2.26).

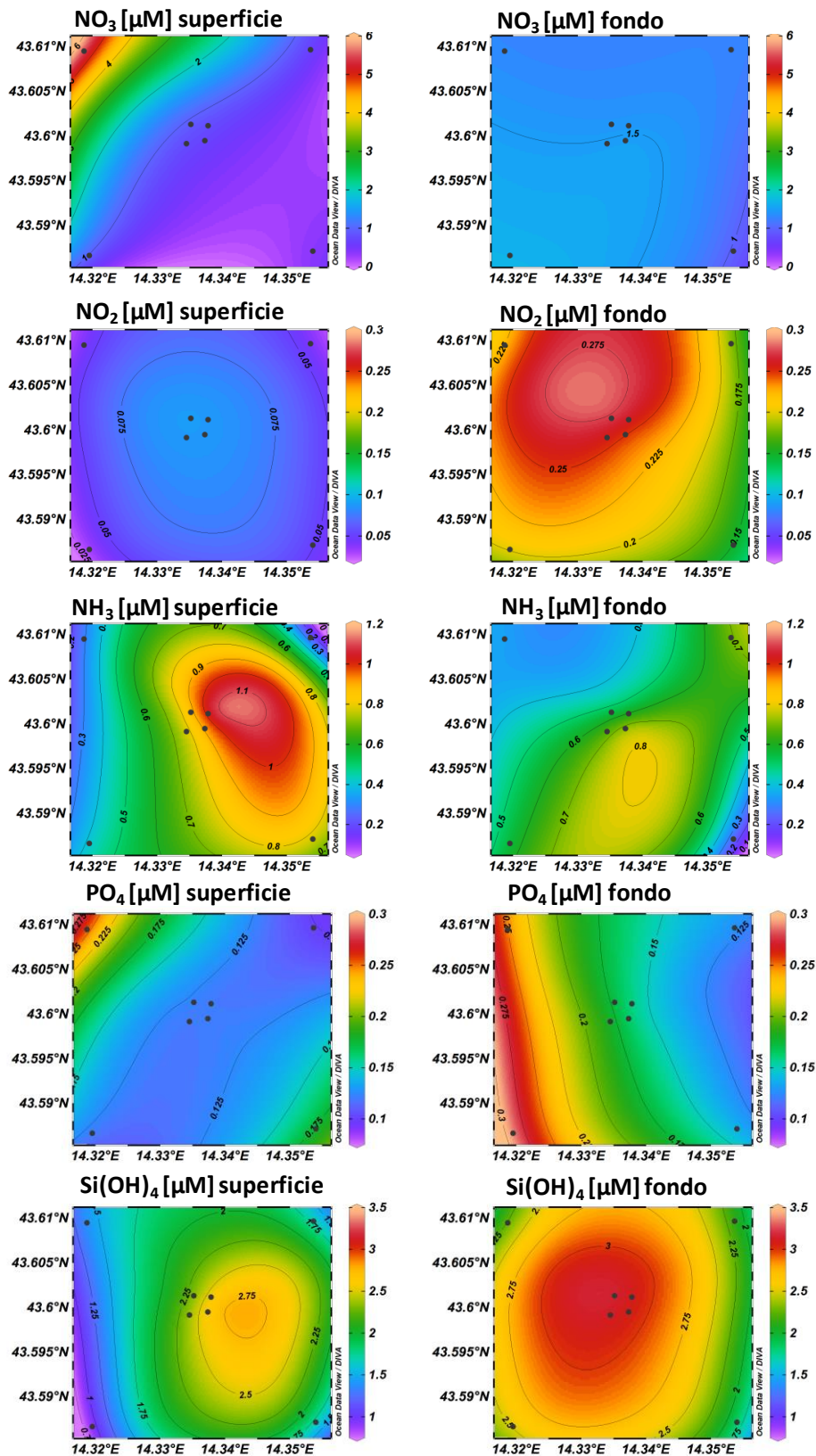




**Fig. 2.25a** - Sezioni verticali delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . Maggio 2017.



**Fig. 2.25b** - Sezioni verticali delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . Maggio 2017.



**Fig. 2.26** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ) e ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ , in superficie e al fondo. **Maggio 2017.**

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

A **gennaio 2017** (figg. 2.27a, 2.27b, 2.28) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a  $353,76 \pm 86,12$  ng/l, con un massimo di 606,40 ng/l in BO6 a 40 m di profondità. La clorofilla *b* (Chl *b*) ha avuto una concentrazione media di  $31,92 \pm 11,56$  ng/l mentre per la clorofilla *c* (Chl *c*) la media è risultata di  $26,29 \pm 13,76$  ng/l. Chl *b* e Chl *c* hanno avuto picchi di concentrazione a circa 40 m di profondità rispettivamente nei siti BO5 e BO6. Tutti i pigmenti clorofilliani sono apparsi più elevati a 2000 m dalla piattaforma (fig. 2.28).

La concentrazione media di materiale particolato (TSM) è stata pari a  $4,27 \pm 1,62$  mg/l con i contenuti maggiori sul fondo dove è stato raggiunto un massimo di 6,99 mg/l in BO6 (figg. 2.27a, 2.27b).

A **marzo** sono aumentati tutti i pigmenti rispetto a gennaio. Chl *a* ha avuto una media di  $527,33 \pm 153,66$  ng/l, con valori compresi tra 245,40 ng/l (BO5, 40 m) e 830,60 ng/l (BO2, 20 m; figg. 2.29a, 2.29b, 2.30).

In questo periodo le diatomee hanno costituito una componente importante nella comunità fitoplanctonica, come evidenziato dalla concentrazione relativamente elevata di Chl *c* (media  $43,82 \pm 28,95$  ng/l, massimo di 132,91 ng/l a 20 m in BO3). La Chl *b* era presente mediamente con  $40,63 \pm 16,26$  ng/l e con concentrazioni più elevate nelle stazioni in prossimità della piattaforma a 20 m di profondità, in accordo con quanto osservato nei profili verticali di fluorescenza (fig. 2.17).

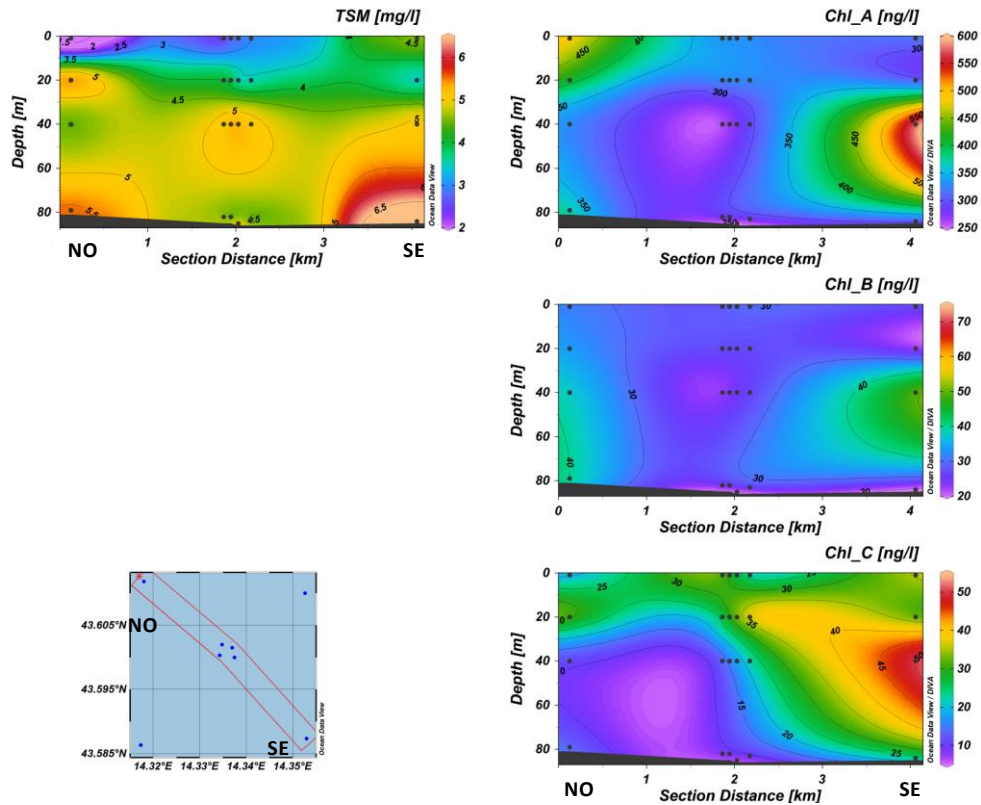
Per il TSM (figg. 2.29a, 2.29b) è stata registrato un tenore medio di  $1,77 \pm 0,89$  mg/l, con concentrazioni più elevate a 100 m dalla piattaforma e un massimo di 4,08 mg/l a 40 m nella stazione BO3.

A **maggio** i picchi di tutti i pigmenti clorofilliani sono apparsi localizzati prevalentemente verso il fondo (figg. 2.31a, 2.31b e 2.32).

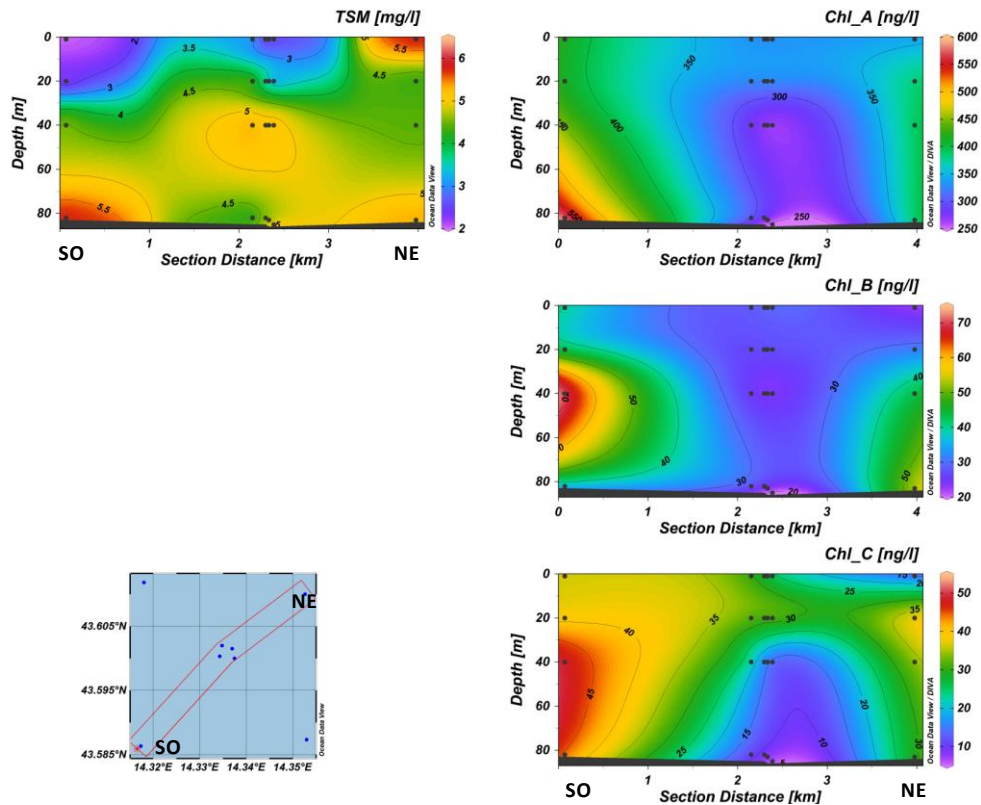
La Chl *a* è diminuita in modo evidente rispetto a marzo ( $284,49 \pm 128,44$  ng/l) e ha raggiunto al massimo 523,80 ng/l (BO2, fondo).

La Chl *b* è risultata più elevata della Chl *c*, anche se mediamente queste due componenti sono risultate confrontabili per l'elevata variabilità ( $48,25 \pm 27,92$  e  $32,33 \pm 25,56$  ng/l rispettivamente). I massimi, pari a 100,60 ng/l e 69,12 ng/l, sono stati entrambi raggiunti sul fondo della stazione BO5.

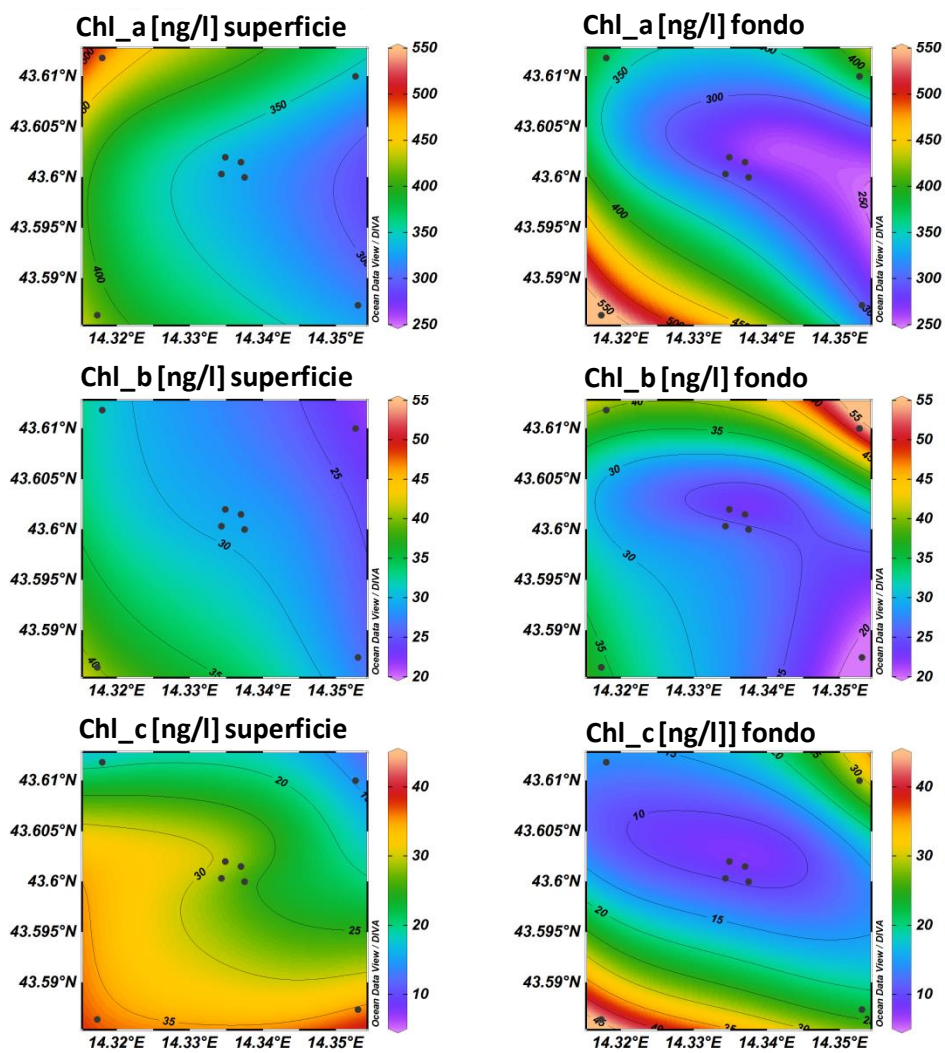
In questo periodo le concentrazioni di TSM sono state in media pari a  $3,56 \pm 1,29$  mg/l, con il valore più elevato (6,84 mg/l) alla quota superficiale della stazione BO8.



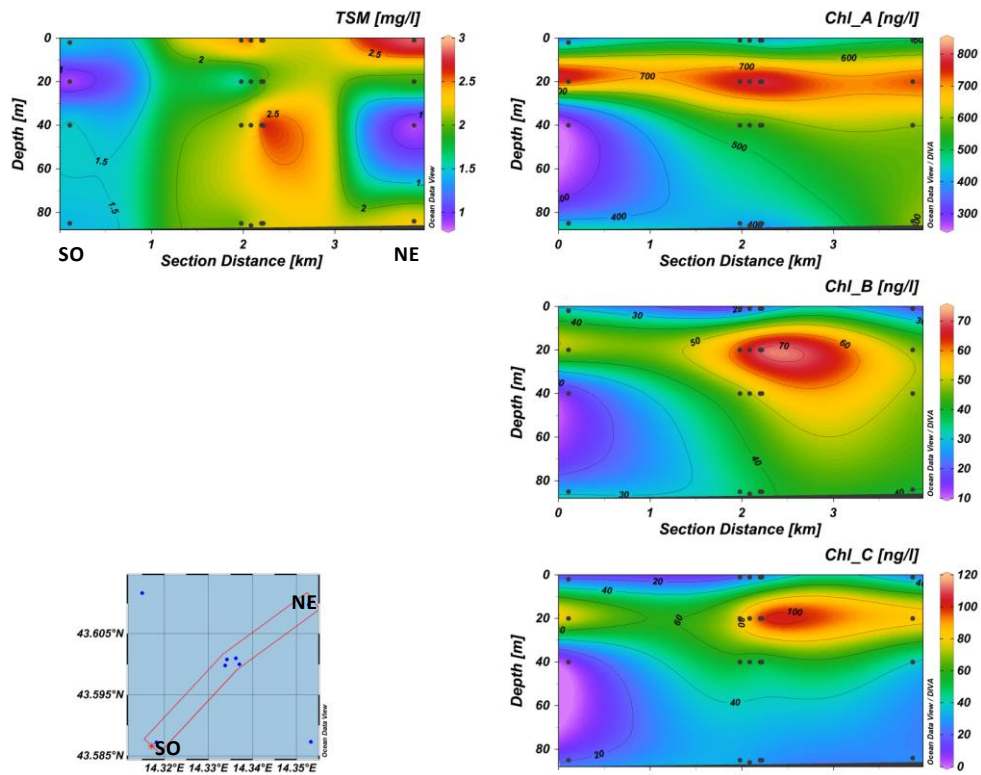
**Fig. 2.27a** - Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Gennaio 2017.**



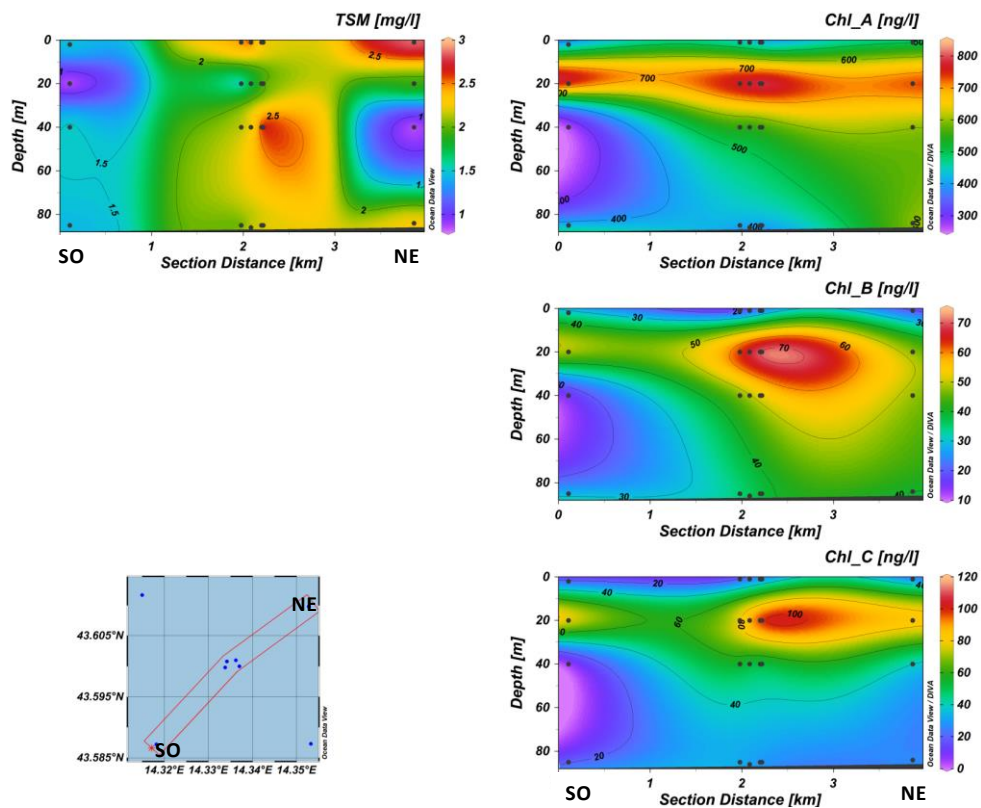
**Fig. 2.27b** - Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Gennaio 2017.**



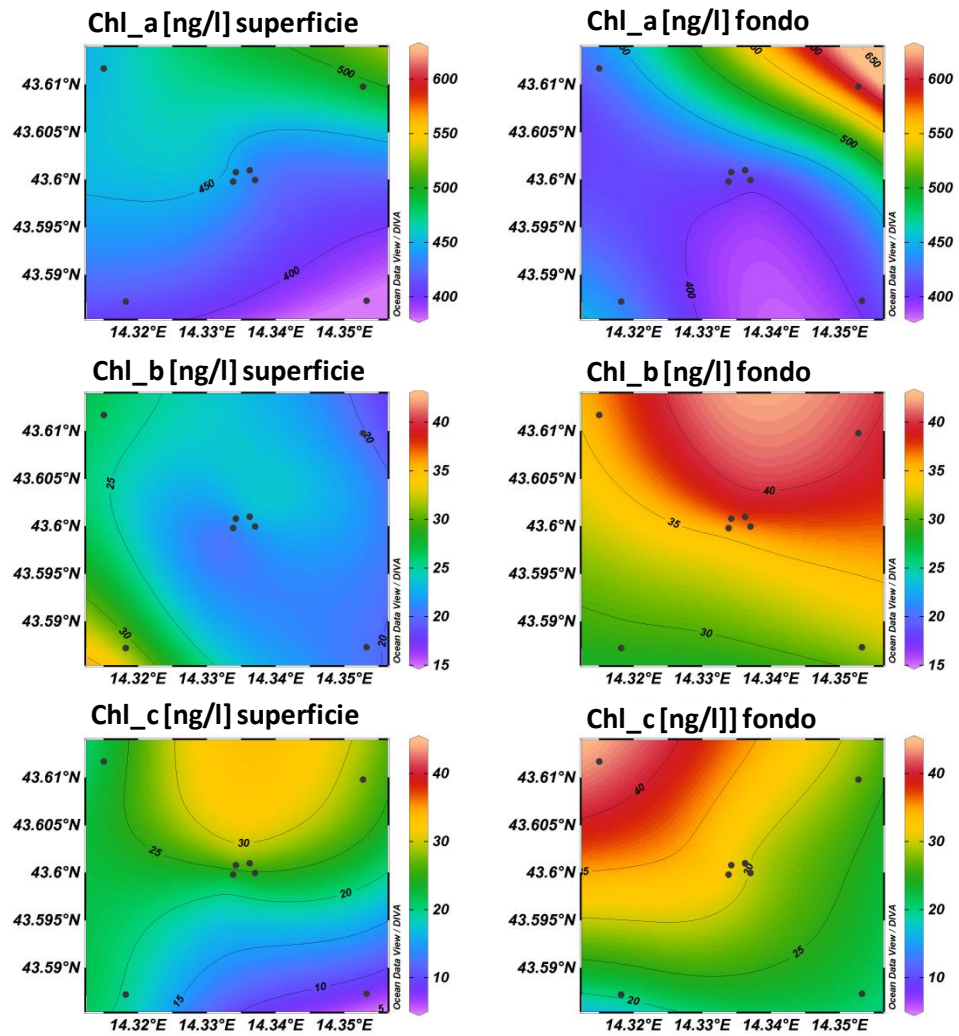
**Fig. 2.28** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Gennaio 2017**.



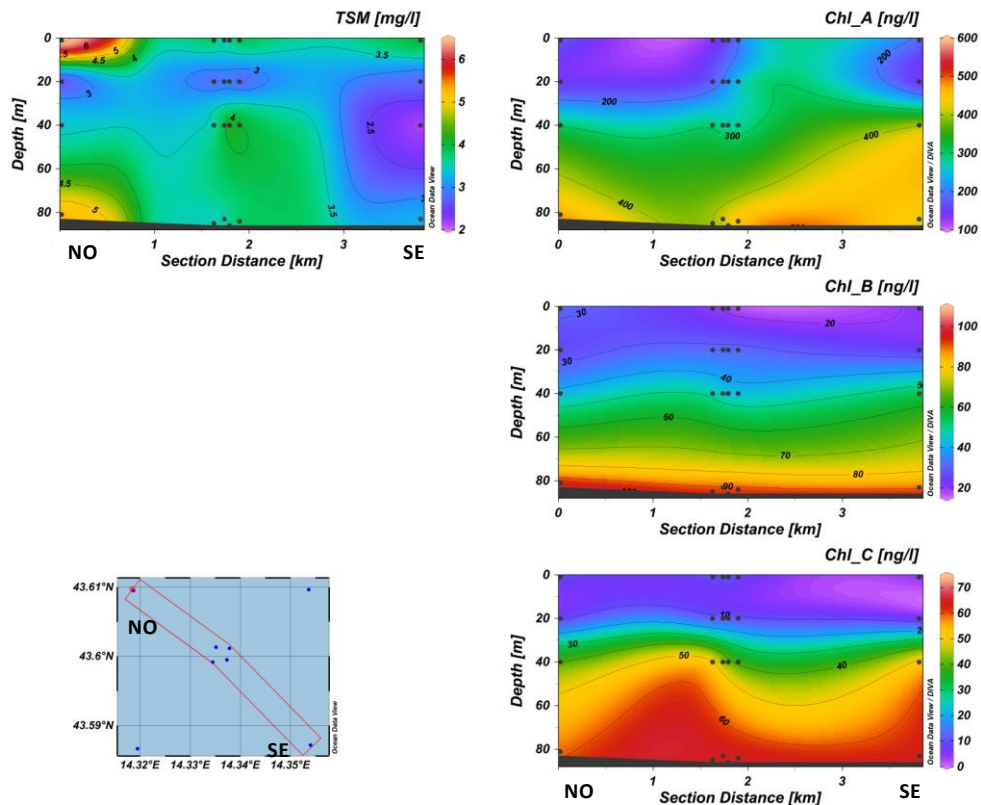
**Fig. 2.29a** - Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Marzo 2017.**



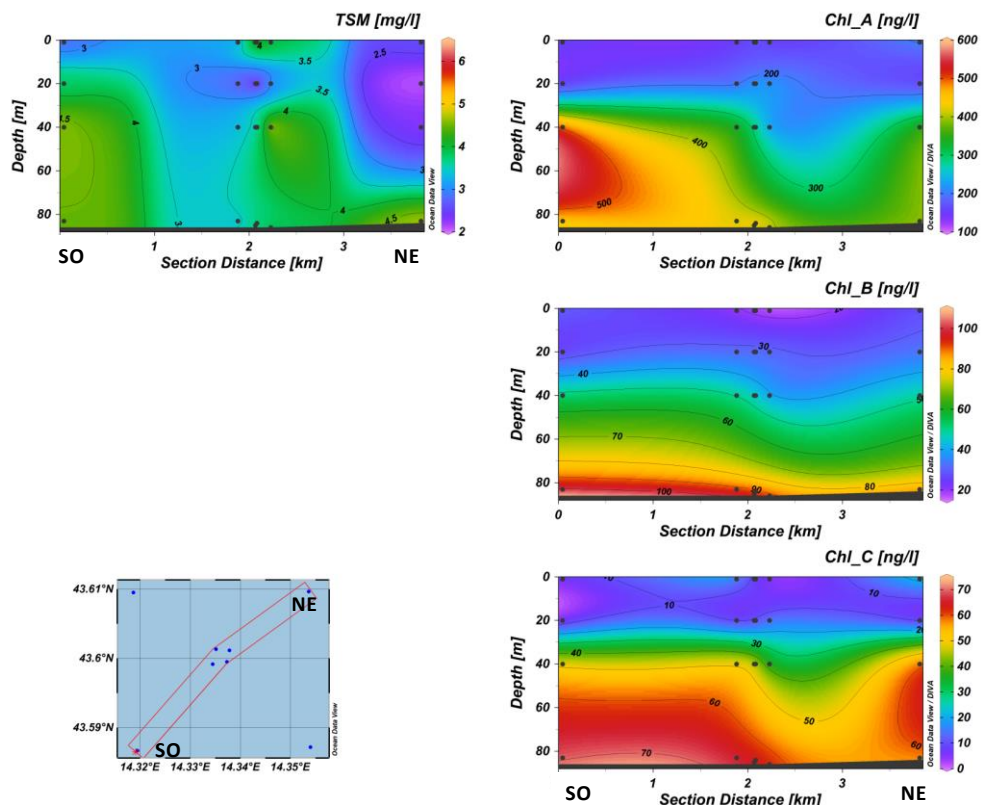
**Fig. 2.29b** - Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Marzo 2017.**



**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 2017.**

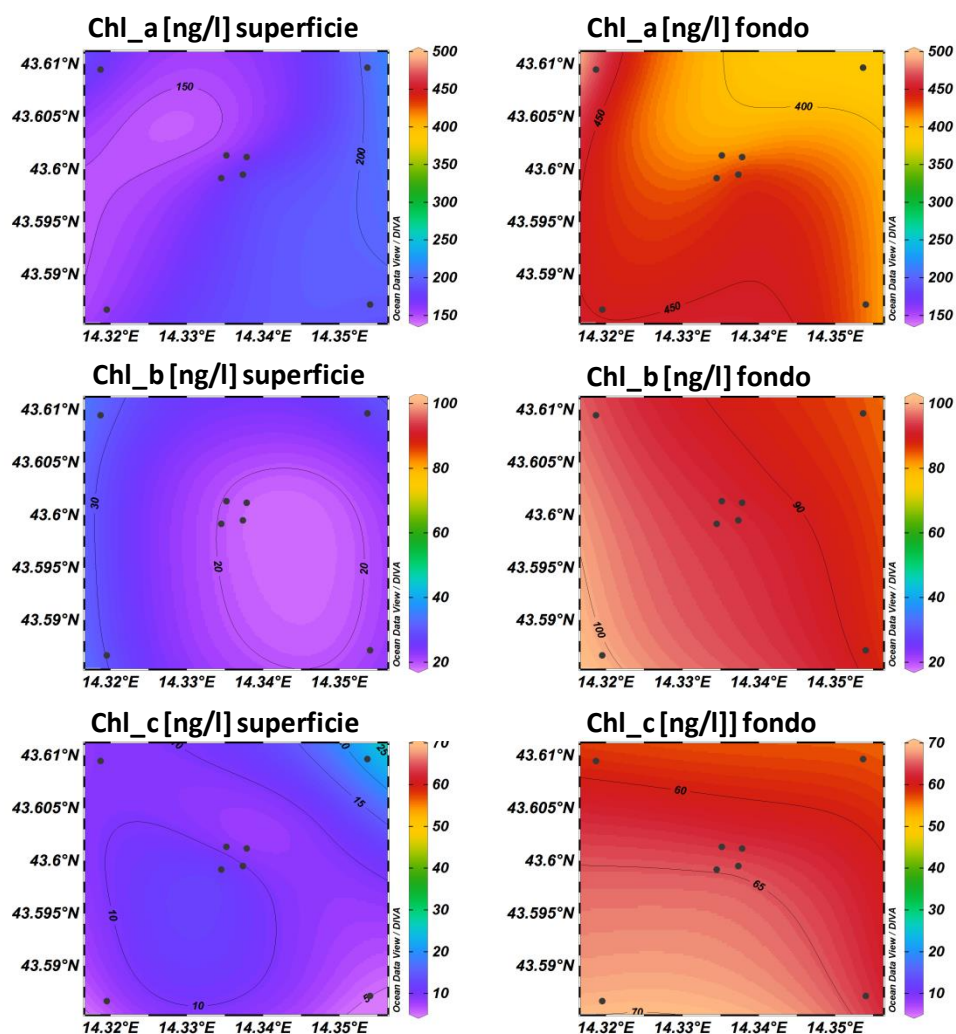


**Fig. 2.31a** - Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Maggio 2017.**



**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. **Maggio 2017.**





**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. **Maggio 2017**.

#### 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 (Tab. 2-XVI).

Gli IA sono stati rilevati in tutte le tre crociere. A **gennaio**, quando sono stati rilevati in quasi il 50% dei campioni (media pari a  $2,13 \pm 2,52 \mu\text{g/l}$ ), hanno raggiunto il massimo di  $11,83 \mu\text{g/l}$  alla quota 40 m della stazione BO1. In generale sono risultati più presenti nelle stazioni più vicine alla piattaforma, ma comunque con valori quasi sempre poco sopra il limite di rilevabilità. A **marzo**, a fronte di un aumento del numero di stazioni con concentrazioni rilevabili (circa il 70%), è stata evidenziata una diminuzione dei tenori, essendo il massimo pari  $1,84 \mu\text{g/l}$  (BO8, 40 m). In questo survey, inoltre, non sono state riscontrate particolari differenze tra le stazioni prossime alla piattaforma e quelle più

lontane. A **maggio** è avvenuta una netta riduzione di questi composti. Infatti, sono stati misurati soltanto in 7 campioni, peraltro casualmente distribuiti nel reticolo di campionamento. Da segnalare comunque il valore massimo pari a 10,44 µg/l, raggiunto alla quota 20 m della stazione BO2.

**Tab. 2-XVI** - Concentrazioni (µg/l) di Idrocarburi totali, IA e IPA registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti a gennaio, marzo e maggio 2017.

Stazione	Gennaio 2017			Marzo 2017			Maggio 2017		
	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	< 0,01	< 30	1,83	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO1 20 m	< 30	1,05	< 0,01	< 30	1,09	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO1 40 m	< 30	11,83	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO1 fondo	< 30	1,29	< 0,01	< 30	1,18	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO2 sup	< 30	1,63	< 0,01	< 30	1,27	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO2 20 m	< 30	1,33	< 0,01	< 30	1,10	< 0,01	< 30	10,44	< 0,01
BO2 40 m	< 30	2,32	< 0,01	< 30	1,16	< 0,01	< 30	1,16	< 0,01
BO2 fondo	< 30	1,21	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO3 sup	< 30	1,39	< 0,01	< 30	1,76	< 0,01	< 30	1,03	< 0,01
BO3 20 m	< 30	2,03	< 0,01	< 30	1,04	< 0,01	< 30	1,53	< 0,01
BO3 40 m	< 30	1,88	< 0,01	< 30	1,29	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO3 fondo	< 30	1,21	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO4 sup	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,05	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO4 20 m	< 30	1,46	< 0,01	< 30	1,35	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO4 40 m	< 30	1,91	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO4 fondo	< 30	1,41	< 0,01	< 30	1,06	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO5 sup	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,14	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO5 20 m	< 30	1,33	< 0,01	< 30	1,44	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO5 40 m	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO5 fondo	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,72	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO6 sup	< 30	1,64	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO6 20 m	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,06	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO6 40 m	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO6 fondo	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO7 sup	< 30	< 1	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,90	< 0,01
BO7 20 m	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,57	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO7 40 m	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,08	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO7 fondo	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,12	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO8 sup	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,24	< 0,01	< 30	1,41	< 0,01
BO8 20 m	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,65	< 0,01	< 30	< 1	< 0,01
BO8 40 m	< 30	1,29	< 0,01	< 30	1,84	< 0,01	< 30	1,27	< 0,01
BO8 fondo	< 30	< 1	< 0,01	< 30	1,14	< 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 gennaio, marzo e maggio 2017.

Stazione	Gennaio 2017	Marzo 2017	Maggio 2017
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 nei tre survey del 1° semestre 2017 sono riportate in Tab. 2-XIX.

A **gennaio** i tenori di **cadmio**, **ferro**, **mercurio**, **nicel**, **piombo** e **indio**, salvo rarissime eccezioni, sono sempre risultati al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità. Lo **zinco** è stato misurato in oltre l'80% dei campioni ma con valori relativamente bassi (media pari a  $5,58 \pm 4,64$  µg/l) e nessun particolare trend spaziale. Il massimo (16,61 µg/l) è stato raggiunto alla quota 40 m della stazione BO6.

Tutte le altre specie chimiche sono risultate al di sopra dei limiti di rilevabilità in tutti i campioni (eccetto Cr sul fondo della BO4). **Alluminio, cromo e rame** hanno mostrato una variabilità piuttosto elevata con un coefficiente di variazione (CV) medio di oltre il 60%. Nonostante tale variabilità, anche in questo caso non è stato evidenziato alcun trend particolare. I rispettivi massimi sono stati raggiunti al fondo della stazione BO2 (8,61 µg/l), alla quota 20 m della stazione BO8 (1,06 µg/l) e in superficie della BO5 (1,21 µg/l). **Arsenico, bario, vanadio e silicio** hanno presentato una minore variabilità, e fra questi in particolare l'**arsenico** e il **bario** (CV medio <10%). Anche per queste specie chimiche non sono stati identificati andamenti spaziali specifici, sia nella distribuzione superficiale sia in quella verticale. I rispettivi valori massimi sono stati raggiunti al fondo della stazione BO6 (1,73 µg/l), della BO1 (7,90 µg/l) e della BO8 (2,37 µg/l) e in superficie della BO6 (0,18 mg/l).

Anche a **marzo cadmio, mercurio, piombo** (fatta eccezione per un solo valore) e **indio** sono risultati sempre inferiori al limite di rilevabilità, così come il **rame** che invece era risultato sempre presente nel survey precedente. Al contrario, il **nicel**, che a gennaio non era stato rilevato, a marzo è risultato misurabile in circa l'85% dei campioni con concentrazioni nelle stazioni interne al reticolo di campionamento più elevate rispetto a quelle esterne. Il massimo (3,79 µg/l) è stato raggiunto in superficie della stazione BO3. **Ferro e zinco** sono stati rilevati invece in circa il 50% dei campioni non evidenziando particolari andamenti nella distribuzione spaziale orizzontale e verticale. I massimi rispettivi sono stati pari a 17,10 µg/l (BO4, superficie), e 14,90 µg/l (BO1, 40 m). Tutti gli altri elementi analizzati (eccetto Cr) sono risultati sempre al di sopra dei propri limiti di rilevabilità. **Arsenico, bario, vanadio e silicio** hanno mostrato anche in questo survey la consueta bassa variabilità nella distribuzione delle concentrazioni e i rispettivi valori medi (1,47±0,19 µg/l; 8,20±0,54 µg/l; 1,96±0,30 µg/l; 0,13±0,02 mg/l) sono risultati molto simili a quelli della crociera di gennaio. Anche i valori massimi non si sono discostati molto da quelli misurati nel survey precedente e sono stati raggiunti rispettivamente alla quota 20 m della stazione BO2 (1,79 µg/l), al fondo della BO1 (9,11 µg/l), alla quota 20 m della BO6 (2,24 µg/l) e al fondo della BO3 (0,19 mg/l). **Alluminio e cromo** confermano infine anch'essi le valutazioni fatte per il survey di gennaio. Simili sono risultati infatti sia la distribuzione delle concentrazioni sia, per quanto riguarda il cromo, il valore medio (0,24±0,24 µg/l), anche se a differenza di gennaio questo metallo non è stato rilevato in diversi campioni. L'alluminio invece ha mostrato un aumento della concentrazione media rispetto a gennaio (5,66±3,46 µg/l), non evidenziando tuttavia alcun andamento

particolare, né nel confronto tra stazioni interne ed esterne né nella distribuzione verticale. Inoltre, non è stato rilevato alcun valore particolarmente elevato per entrambi gli elementi, essendo i rispettivi massimi pari a 12,54 µg/l (BO5, fondo) e 1,00 µg/l (BO4, superficie). A **maggio** non si sono evidenziate grandi differenze con i survey precedenti. **Cadmio, ferro, mercurio, piombo, rame e indio** sono risultati sempre al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità. Anche **cromo e zinco**, rilevati in circa il 60% dei campioni, hanno mostrato variabilità e valori medi in linea con le crociere di gennaio e marzo. I massimi di questi due metalli sono stati misurati rispettivamente al fondo della stazione BO5 (0,43 µg/l) e in superficie della BO7 (16,11 µg/l). Il  **nichel**, invece, si è ridotto notevolmente in termini sia di numero di campioni in cui è stato rilevato, sia di concentrazione media ( $0,18 \pm 0,09$  µg/l). Tutti gli altri elementi sono risultati sempre presenti ovunque. L'**alluminio** (non rilevabile in 3 campioni), si è mediamente ridotto rispetto a entrambe le crociere precedenti ( $1,81 \pm 0,48$  µg/l) similmente al nichel e ha raggiunto il massimo al fondo della stazione BO5 con un valore pari a 5,14 µg/l. **Arsenico, bario, vanadio e silicio** hanno confermato anche a maggio una bassa variabilità nella distribuzione delle concentrazioni e i rispettivi valori medi ( $2,02 \pm 0,12$  µg/l;  $7,12 \pm 0,93$  µg/l;  $1,69 \pm 0,11$  µg/l e  $0,14 \pm 0,04$  mg/) sono rimasti simili ai precedenti. Il bario ha tuttavia presentato i valori massimi alla quota di fondo di 6 siti sugli 8 totali, rivelando un andamento specifico con la profondità. I valori massimi sono stati raggiunti alla quota 40 m della BO7 (As: 2,36 µg/l; Ba: 11,93 µg/l), in superficie della BO2 (V: 1,89 µg/l) e in superficie della BO6 (Si: 0,33 mg/l).

**Tab. 2-XIX – Metalli pesanti ( $\mu\text{g/l}$ ; Si in  $\text{mg/l}$ ) determinati a gennaio, marzo e maggio 2017.**

Stazione	Gennaio 2017													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	3,40	1,46	6,97	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	0,33	< 0,1	0,51	1,49	8,21	< 0,1	0,10
BO1 20 m	0,95	1,52	7,27	< 0,1	0,33	< 5	< 0,1	0,36	< 0,1	0,35	1,70	0,13	< 0,1	0,13
BO1 40 m	0,15	1,64	7,54	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,29	1,71	0,05	< 0,1	0,11
BO1 fondo	4,20	1,48	7,83	< 0,1	0,32	< 5	< 0,1	0,38	< 0,1	0,38	1,67	14,55	< 0,1	0,12
BO2 sup	1,64	1,45	7,65	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,82	1,75	7,68	< 0,1	0,10
BO2 20 m	1,47	1,41	7,54	< 0,1	0,26	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,31	1,77	0,63	< 0,1	0,10
BO2 40 m	1,39	1,53	7,67	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,29	1,79	4,37	< 0,1	0,14
BO2 fondo	8,61	1,50	7,90	< 0,1	0,27	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,39	1,57	11,25	< 0,1	0,14
BO3 sup	4,94	1,55	7,44	< 0,1	0,28	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,91	1,83	14,18	< 0,1	0,11
BO3 20 m	3,65	1,68	7,42	< 0,1	0,34	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,45	1,76	1,08	< 0,1	0,11
BO3 40 m	3,03	1,36	7,25	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,29	1,86	2,62	< 0,1	0,12
BO3 fondo	5,76	1,58	7,44	< 0,1	0,30	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,38	1,72	9,53	< 0,1	0,11
BO4 sup	2,26	1,62	6,95	< 0,1	0,19	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,42	1,67	1,78	< 0,1	0,12
BO4 20 m	2,94	1,72	7,39	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,32	1,79	2,76	< 0,1	0,12
BO4 40 m	5,37	1,50	7,41	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,36	1,94	2,39	< 0,1	0,12
BO4 fondo	1,67	1,51	7,25	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,34	1,93	< 0,1	< 0,1	0,10
BO5 sup	4,49	1,56	7,26	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,21	1,96	9,38	< 0,1	0,12
BO5 20 m	0,23	1,59	7,08	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,32	2,03	< 0,1	< 0,1	0,12
BO5 40 m	2,21	1,50	6,92	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,30	1,99	< 0,1	< 0,1	0,12
BO5 fondo	4,23	1,51	7,18	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,33	1,91	2,91	< 0,1	0,13
BO6 sup	1,54	1,45	7,04	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,48	2,08	< 0,1	< 0,1	0,18
BO6 20 m	1,39	1,55	7,05	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,29	2,21	< 0,1	< 0,1	0,16
BO6 40 m	1,26	1,51	6,85	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,29	2,17	16,61	< 0,1	0,13
BO6 fondo	7,14	1,73	7,85	< 0,1	0,42	8,03	< 0,1	0,33	< 0,1	0,36	2,08	5,57	< 0,1	0,14
BO7 sup	1,84	1,44	6,84	< 0,1	0,22	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,54	2,11	3,12	< 0,1	0,13
BO7 20 m	1,70	1,70	6,82	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,39	2,20	< 0,1	< 0,1	0,11
BO7 40 m	1,42	1,54	6,74	< 0,1	0,34	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,30	2,23	3,80	< 0,1	0,13
BO7 fondo	0,14	1,52	6,99	< 0,1	0,23	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,34	2,20	4,51	< 0,1	0,12
BO8 sup	0,72	1,58	7,23	< 0,1	0,33	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,39	2,24	5,16	< 0,1	0,11
BO8 20 m	5,08	1,58	7,80	< 0,1	1,06	10,48	< 0,1	< 0,1	0,23	0,39	2,33	7,80	< 0,1	0,11
BO8 40 m	1,09	1,60	6,95	< 0,1	0,33	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,30	2,26	2,80	< 0,1	0,10
BO8 fondo	2,02	1,37	7,24	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,46	2,37	2,27	< 0,1	0,13

Tab. 2-XIX – Continuo.

Marzo 2017														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	1,54	1,70	8,63	< 0,1	0,16	6,76	< 0,1	1,07	0,19	< 0,1	1,80	4,79	< 0,1	0,12
BO1 20 m	1,02	1,55	8,99	< 0,1	0,18	9,17	< 0,1	0,90	< 0,1	< 0,1	1,91	10,88	< 0,1	0,10
BO1 40 m	9,77	1,31	8,81	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	0,76	< 0,1	< 0,1	1,90	14,90	< 0,1	0,13
BO1 fondo	10,89	1,50	9,11	< 0,1	0,16	6,35	< 0,1	1,40	< 0,1	< 0,1	1,81	8,11	< 0,1	0,13
BO2 sup	5,73	1,42	8,38	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	0,35	< 0,1	< 0,1	1,91	0,12	< 0,1	0,12
BO2 20 m	7,83	1,79	8,76	< 0,1	0,11	9,35	< 0,1	0,76	< 0,1	< 0,1	2,04	5,66	< 0,1	0,15
BO2 40 m	7,27	1,50	8,37	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	0,33	< 0,1	< 0,1	1,91	0,27	< 0,1	0,14
BO2 fondo	6,65	1,72	8,86	< 0,1	< 0,1	6,32	< 0,1	0,42	< 0,1	< 0,1	1,88	< 0,1	< 0,1	0,13
BO3 sup	1,29	1,63	8,96	< 0,1	0,85	8,65	< 0,1	3,79	< 0,1	< 0,1	2,05	3,97	< 0,1	0,13
BO3 20 m	7,55	1,13	7,62	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,27	< 0,1	< 0,1	1,05	< 0,1	< 0,1	0,11
BO3 40 m	4,61	0,94	7,60	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,22	< 0,1	< 0,1	1,18	< 0,1	< 0,1	0,14
BO3 fondo	2,39	1,31	7,87	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	0,77	< 0,1	< 0,1	1,13	2,14	< 0,1	0,19
BO4 sup	10,64	1,55	7,91	< 0,1	1,00	17,10	< 0,1	0,66	< 0,1	< 0,1	2,00	1,90	< 0,1	0,13
BO4 20 m	3,12	1,72	8,28	< 0,1	0,32	7,83	< 0,1	0,32	< 0,1	< 0,1	2,07	< 0,1	< 0,1	0,13
BO4 40 m	9,81	1,54	8,50	< 0,1	0,30	9,01	< 0,1	0,35	< 0,1	< 0,1	2,09	< 0,1	< 0,1	0,14
BO4 fondo	4,35	1,39	8,42	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	0,31	< 0,1	< 0,1	1,99	< 0,1	< 0,1	0,12
BO5 sup	8,79	1,43	8,33	< 0,1	0,15	6,18	< 0,1	0,24	< 0,1	< 0,1	2,07	3,47	< 0,1	0,13
BO5 20 m	9,25	1,53	8,71	< 0,1	0,15	6,45	< 0,1	0,47	< 0,1	< 0,1	2,15	1,35	< 0,1	0,12
BO5 40 m	4,61	1,46	8,22	< 0,1	0,08	< 5	< 0,1	0,08	< 0,1	< 0,1	2,20	< 0,1	< 0,1	0,13
BO5 fondo	12,54	1,77	8,24	< 0,1	0,16	6,89	< 0,1	0,53	< 0,1	< 0,1	2,12	3,17	< 0,1	0,13
BO6 sup	7,66	1,29	8,21	< 0,1	0,10	< 5	< 0,1	1,43	< 0,1	< 0,1	2,19	11,76	< 0,1	0,11
BO6 20 m	4,20	1,62	7,85	< 0,1	0,11	5,61	< 0,1	0,12	< 0,1	< 0,1	2,24	< 0,1	< 0,1	0,11
BO6 40 m	2,36	1,39	7,33	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,93	< 0,1	< 0,1	0,13
BO6 fondo	2,84	1,62	7,54	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,01	< 0,1	< 0,1	0,13
BO7 sup	12,05	1,38	6,81	< 0,1	0,21	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,02	< 0,1	< 0,1	0,12
BO7 20 m	6,12	1,54	7,63	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	0,09	< 0,1	< 0,1	2,11	5,96	< 0,1	0,12
BO7 40 m	3,82	1,49	7,93	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,12	< 0,1	< 0,1	1,99	< 0,1	< 0,1	0,16
BO7 fondo	3,59	1,37	8,13	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,18	< 0,1	< 0,1	2,16	2,02	< 0,1	0,14
BO8 sup	2,43	1,28	8,00	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,27	< 0,1	< 0,1	2,10	2,34	< 0,1	0,14
BO8 20 m	1,92	1,42	7,85	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,19	< 0,1	< 0,1	0,13
BO8 40 m	0,88	1,62	7,91	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,26	< 0,1	< 0,1	2,18	< 0,1	< 0,1	0,17
BO8 fondo	3,73	1,23	8,78	< 0,1	0,34	15,84	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,23	8,34	< 0,1	0,13

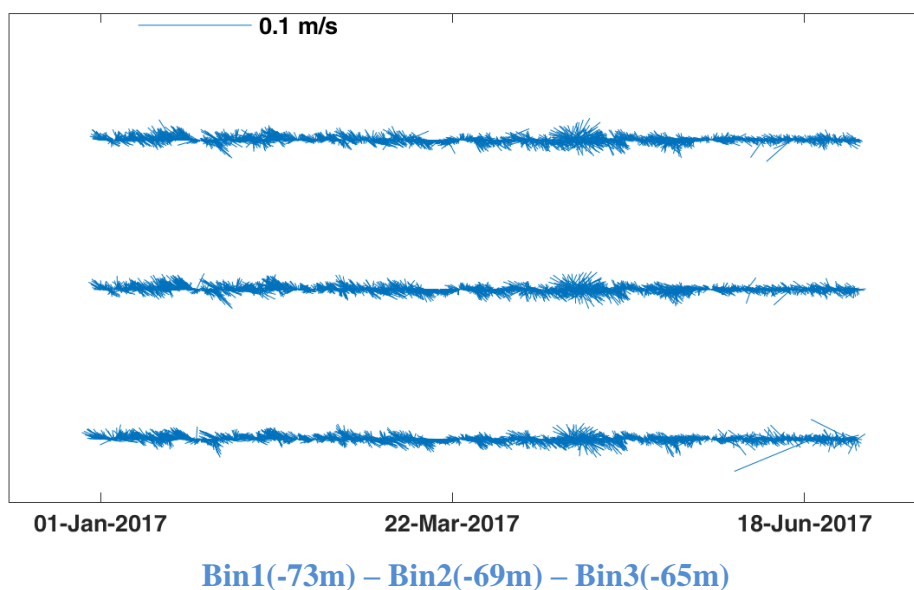


Tab. 2-XIX – Continuo.

Maggio 2017														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	1,56	1,83	6,79	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,74	7,93	< 0,1	0,11
BO1 20 m	1,01	1,90	6,57	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,83	< 0,1	< 0,1	0,11
BO1 40 m	0,59	1,88	6,73	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	1,59	4,39	< 0,1	0,09
BO1 fondo	0,29	1,85	7,27	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,86	0,91	< 0,1	0,14
BO2 sup	0,55	2,01	7,00	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,26	< 0,1	< 0,1	1,89	< 0,1	< 0,1	0,10
BO2 20 m	0,85	1,83	6,80	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,64	8,37	< 0,1	0,12
BO2 40 m	0,68	2,09	6,89	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,80	2,59	< 0,1	0,12
BO2 fondo	4,49	2,03	7,60	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,29	< 0,1	< 0,1	1,71	4,81	< 0,1	0,15
BO3 sup	2,10	2,05	6,98	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	0,11	< 0,1	< 0,1	1,77	4,71	< 0,1	0,11
BO3 20 m	< 0,1	1,97	6,77	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,60	< 0,1	< 0,1	0,14
BO3 40 m	0,35	2,00	6,73	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,76	< 0,1	< 0,1	0,12
BO3 fondo	3,73	2,03	7,43	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,74	< 0,1	< 0,1	0,16
BO4 sup	1,08	2,03	6,83	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,63	3,16	< 0,1	0,12
BO4 20 m	1,22	2,04	6,74	< 0,1	< 0,2	< 5	< 0,1	0,14	< 0,1	< 0,1	1,74	< 0,1	< 0,1	0,13
BO4 40 m	0,85	2,12	7,08	< 0,1	0,22	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,77	< 0,1	< 0,1	0,11
BO4 fondo	1,24	1,97	7,35	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	0,17	< 0,1	< 0,1	1,52	14,80	< 0,1	0,17
BO5 sup	1,49	2,04	6,74	< 0,1	0,06	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,63	0,28	< 0,1	0,11
BO5 20 m	3,89	1,96	6,84	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	0,18	< 0,1	< 0,1	1,62	2,62	< 0,1	0,12
BO5 40 m	2,04	1,96	6,75	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	0,15	< 0,1	< 0,1	1,77	11,06	< 0,1	0,12
BO5 fondo	5,14	2,15	7,82	< 0,1	0,43	< 5	< 0,1	0,28	< 0,1	< 0,1	1,60	6,58	< 0,1	0,16
BO6 sup	4,26	1,88	7,41	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	0,42	< 0,1	< 0,1	1,77	2,20	< 0,1	0,33
BO6 20 m	2,02	1,93	6,74	< 0,1	0,09	< 5	< 0,1	0,10	< 0,1	< 0,1	1,73	0,15	< 0,1	0,13
BO6 40 m	4,64	2,10	7,16	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,29	< 0,1	< 0,1	1,85	3,35	< 0,1	0,13
BO6 fondo	0,48	2,17	7,15	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,10	< 0,1	< 0,1	1,64	7,29	< 0,1	0,16
BO7 sup	2,33	2,05	6,65	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,18	< 0,1	< 0,1	1,52	16,11	< 0,1	0,13
BO7 20 m	0,70	2,16	6,68	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,15	< 0,1	< 0,1	1,71	4,16	< 0,1	0,11
BO7 40 m	2,59	2,36	11,93	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,12	< 0,1	< 0,1	1,54	0,60	< 0,1	0,13
BO7 fondo	0,12	2,06	7,35	< 0,1	< 0,2	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,49	1,20	< 0,1	0,15
BO8 sup	< 0,1	1,94	6,57	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,55	< 0,1	< 0,1	0,15
BO8 20 m	< 0,1	2,21	6,67	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,11	< 0,1	< 0,1	1,75	< 0,1	< 0,1	0,11
BO8 40 m	1,43	2,11	6,89	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	0,15	< 0,1	< 0,1	1,72	11,84	< 0,1	0,13
BO8 fondo	0,82	2,03	7,05	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,12	< 0,1	< 0,1	1,66	< 0,1	< 0,1	0,16

### 2.2.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Durante il periodo preso in esame (1° semestre 2017; fig. 2.33) la corrente è stata caratterizzata da diverse fasi in cui la direzione prevalente è stata verso N/NW con rotazione verso S/SE. In particolare nei primi giorni gennaio è stata registrata una corrente con direzione prevalente verso Nord avente velocità di circa 0,1 m/s lungo la colonna d'acqua. A partire da metà mese c'è stata un'intensificazione delle velocità (fino a circa 0,2 m/s) e una rotazione verso NW fino agli inizi di febbraio, quando per alcuni giorni la corrente ha avuto una direzione verso SE. Durante il resto del mese la corrente è tornata a scorrere verso N/NW, sempre con velocità intorno a 0,2 m/s. Marzo è stato caratterizzato da una corrente prevalentemente meridionale, con direzione verso SE nella prima metà del mese e verso SW nella seconda metà. Nei primi giorni di aprile è avvenuta una rapida rotazione verso Nord, verso SE durante la parte centrale del mese e verso SW nella parte finale, con picchi di velocità fino a 0,3 m/s. Durante i primi giorni di maggio, la direzione è stata prevalentemente verso N/NW per poi ruotare, a partire da metà mese e fino alla fine di giugno, verso SW, con velocità inferiori ai 0,1 m/s.



**Fig. 2.33** - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con l'ADCP nel periodo gennaio - giugno 2017.

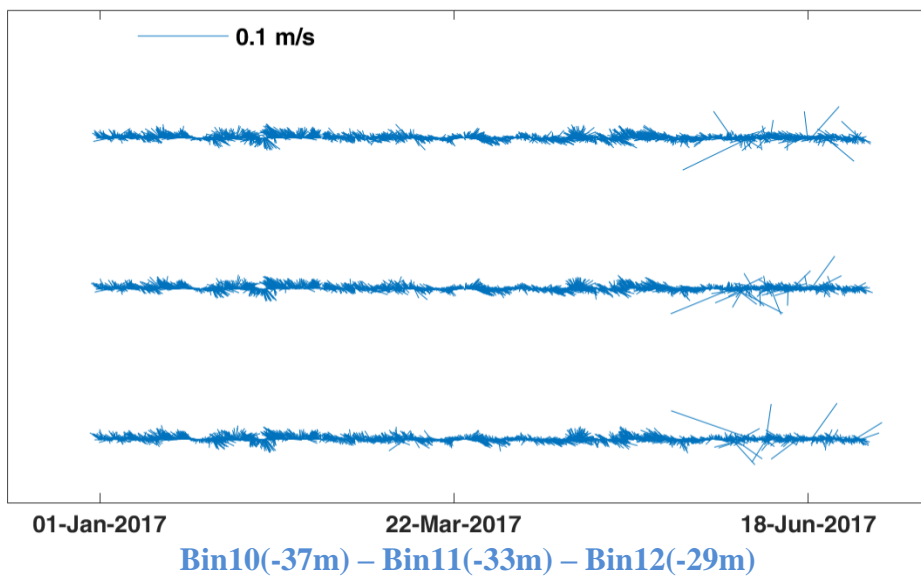
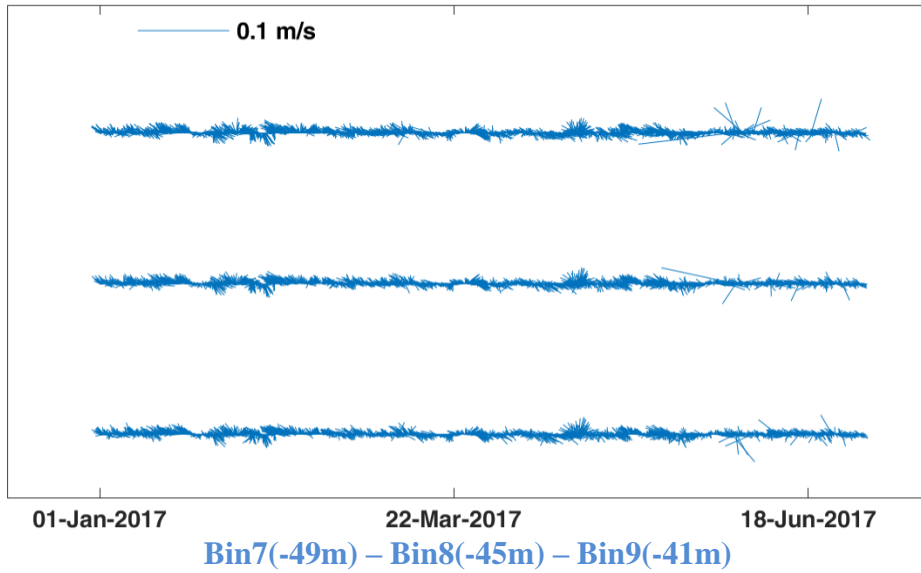
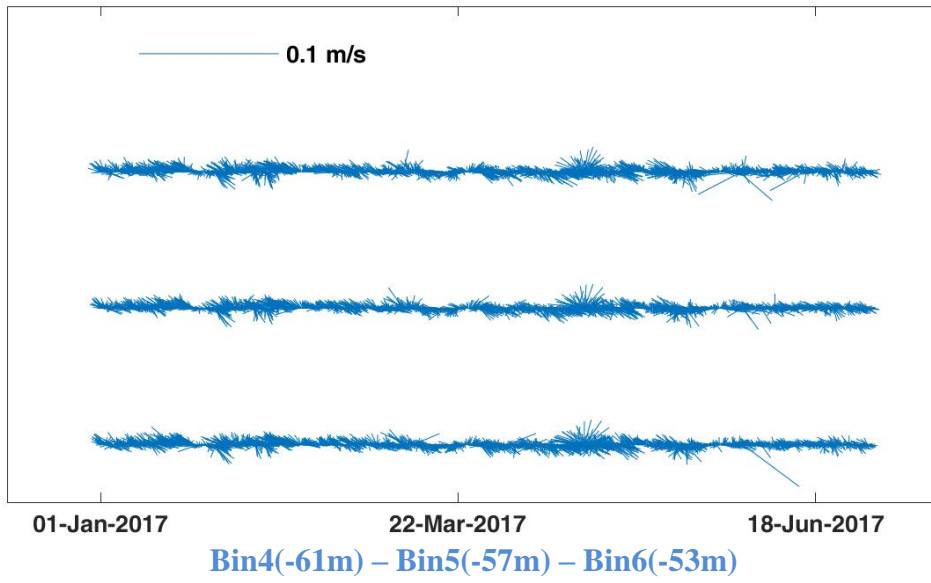
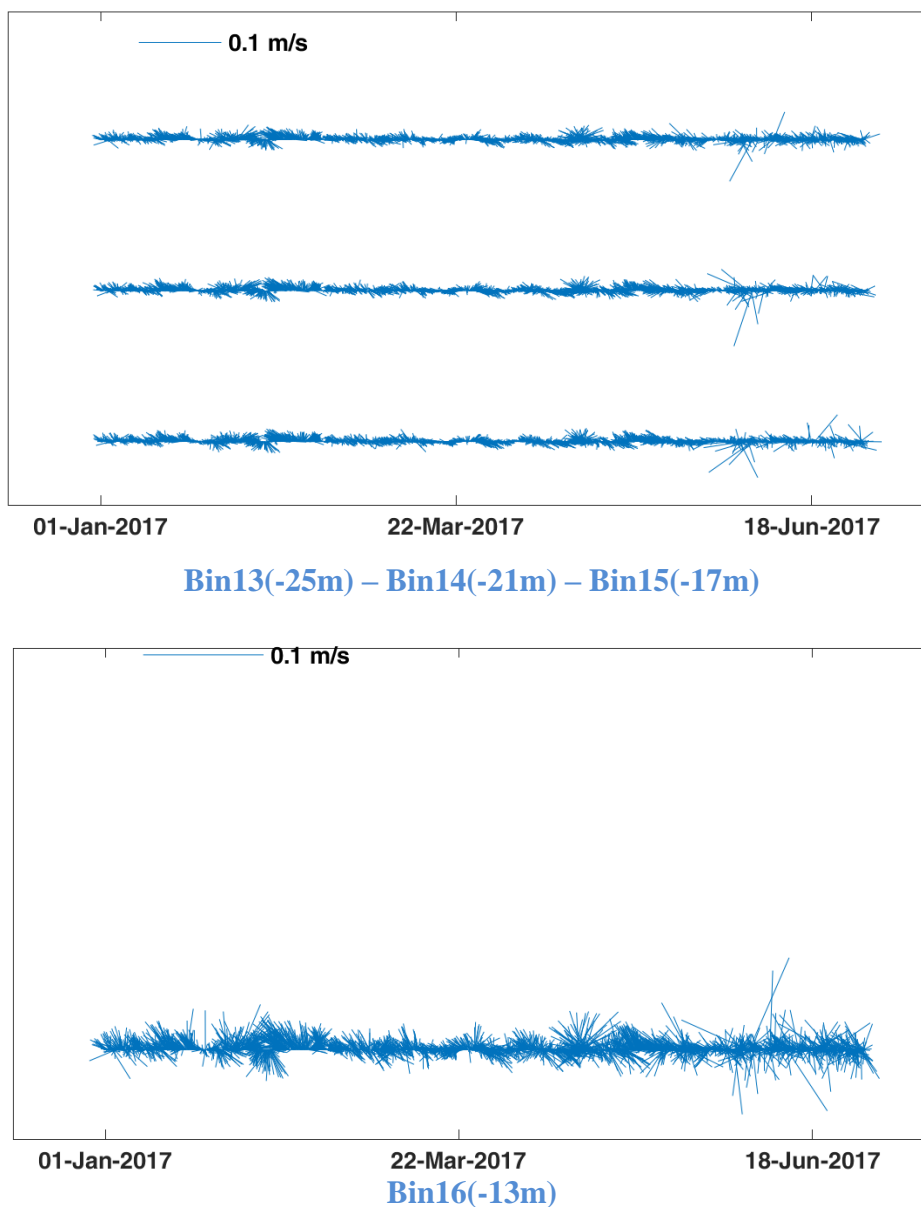
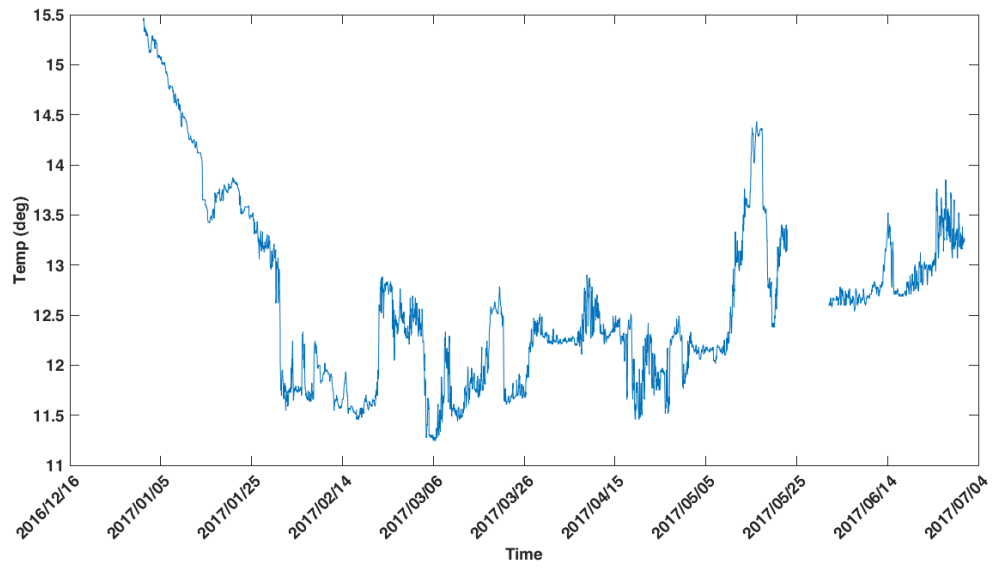


Fig. 2.33 - Continuo.



**Fig. 2.33** - Continuo.

Durante il mese di gennaio la temperatura ha subito un rapido decremento, passando da circa 15,5°C a 11,5°C (fig. 2.34). Da febbraio fino ai primi giorni di maggio i valori hanno subito rapide oscillazioni tra 11,5°C e 12,5°C, seguite dapprima da un rapido incremento che ha portato fino a circa 14°C, poi un' altrettanto rapida riduzione fino a circa 12,5°C verso fine maggio. Nell'ultimo mese la temperatura ha infine mostrato un nuovo innalzamento che ha portato a circa 13°C, con picchi di circa 13,5°C a metà e fine mese. L'assenza di dati tra fine maggio - inizio giugno è stata determinata dalle operazioni di recupero e successiva messa a mare dello strumento.



**Fig. 2.34** - Andamento della temperatura registrata dal sensore dell'ADCP sul fondo da gennaio a giugno 2017.

### 2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

#### 2.2.3.1 Granulometria

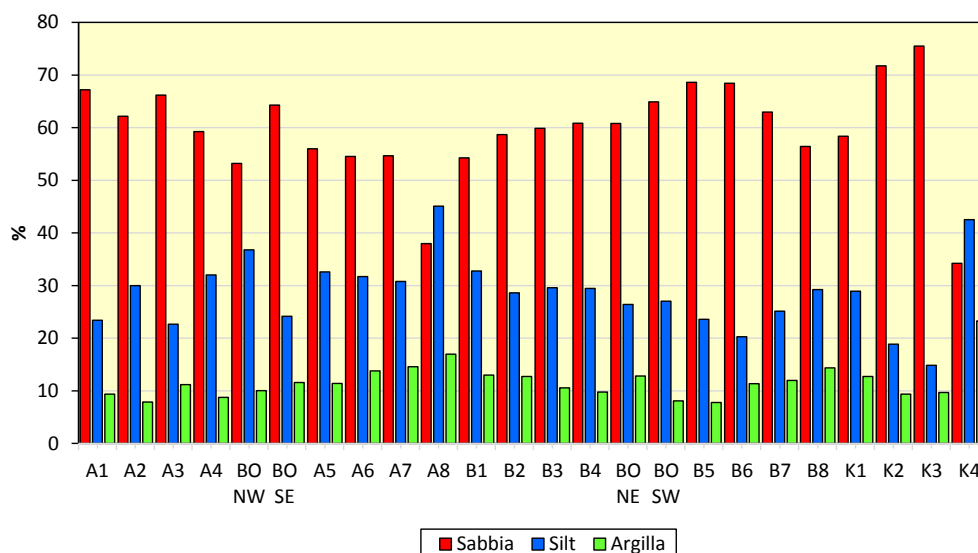
All'analisi visiva tutti i sedimenti monitorati nel 3° survey post lavori di installazione di Bonaccia NW (inverno 2017) sono apparsi di colore nocciola-grigio, simili tra loro e inodori, con una scarsa presenza di biodetrito conchifero. Solo in K4 è stata segnalata una maggior presenza di frazioni fini.

L'analisi granulometrica (fig. 2.35, Tab. 2-XX) ha evidenziato in quasi tutti i campioni relativi ai transetti la prevalenza di sabbia che in A1, B5 e B6 ha raggiunto quasi il 70%. Nelle restanti stazioni è risultata compresa tra il 53,19% (BO NW) e il 66,18% (A3). Solo in A8 la sabbia non ha raggiunto il 40%, unico sito ad essere classificato come silt sabbioso secondo Sheppard; tutti gli altri sono risultati sabbia siltosa (All. B).

La parte pelitica è apparsa costituita prevalentemente da silt in tutti i campioni, essendo l'argilla sempre inferiore al 15% (tranne A8) con un minimo in B5 (7,79%).

Le caratteristiche granulometriche dei controlli sono apparse più variabili rispetto a quelle dei transetti: K2 e K3 sono infatti risultati dominati dalla sabbia, soprattutto K3 che, infatti, è stato classificato come "sabbia" secondo Sheppard. In K1 questa componente non ha raggiunto il 60% e in K4 è risultata pari al 34%. In questo sito rispetto agli altri sono apparse piuttosto elevate le percentuali di silt e argilla, e infatti è stato classificato come Loam secondo Sheppard.

Rispetto al survey precedente (Fabi *et al.*, 2017b) lungo i transetti è avvenuto un diffuso decremento di sabbia, oltre il 10% in alcuni casi (A8, B1), più modesto (tra il 5 e il 10%) in altri (A1, A2, A3, BO NW, BO SE, BO SW) e molto basso in altri ancora (A4, B4, A5, A6, A7, B5). Nei restanti siti si è verificato un aumento di sabbia modesto (talvolta inferiore all'1%) eccetto in B2 (+7,7%). Anche l'argilla, seppur in modo molto meno accentuato, ha mostrato un diffuso decremento (tranne in BO SE) contribuendo, insieme alla riduzione della sabbia, all'incremento di silt. Medesimo pattern è stato osservato in K1. Negli altri controlli, invece, la sabbia è aumentata (soprattutto in K4) bilanciata prevalentemente da un decremento dell'argilla.



**Fig. 2.35** - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nel 3° monitoraggio post lavori (inverno 2017).

**Tab. 2-XX** - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nel 3° monitoraggio post lavori. Le stazioni di campionamento poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Sheppard
		Silt	Argilla	
A1	67,22	23,40	9,38	Sabbia siltosa
A2	62,18	29,96	7,86	Sabbia siltosa
A3	66,18	22,65	11,18	Sabbia siltosa
A4	59,26	31,99	8,74	Sabbia siltosa
<b>BONW</b>	<b>53,19</b>	<b>36,80</b>	<b>10,01</b>	<b>Sabbia siltosa</b>
<b>BO SE</b>	<b>64,30</b>	<b>24,15</b>	<b>11,55</b>	<b>Sabbia siltosa</b>
A5	55,99	32,60	11,40	Sabbia siltosa
A6	54,53	31,70	13,77	Sabbia siltosa
A7	54,67	30,78	14,55	Sabbia siltosa
A8	37,97	45,09	16,94	Silt sabbioso
B1	54,26	32,74	12,99	Sabbia siltosa
B2	58,66	28,63	12,71	Sabbia siltosa
B3	59,87	29,59	10,55	Sabbia siltosa
B4	60,82	29,43	9,75	Sabbia siltosa
<b>BO NE</b>	<b>60,79</b>	<b>26,41</b>	<b>12,81</b>	<b>Sabbia siltosa</b>
<b>BO SW</b>	<b>64,91</b>	<b>27,03</b>	<b>8,06</b>	<b>Sabbia siltosa</b>
B5	68,62	23,59	7,79	Sabbia siltosa
B6	68,43	20,25	11,33	Sabbia siltosa
B7	62,94	25,11	11,95	Sabbia siltosa
B8	56,44	29,22	14,33	Sabbia siltosa
K1	58,35	28,94	12,71	Sabbia siltosa
K2	71,75	18,86	9,38	Sabbia siltosa
K3	75,50	14,83	9,67	Sabbia
K4	34,21	42,53	23,26	Loam

### 2.2.3.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

Nel 3° survey post lavori i vari composti hanno presentato comportamenti diversi tra loro. Alcuni sono stati rilevati in tutti (Acenaftene, Acenaftilene, Benzo(a)antracene,

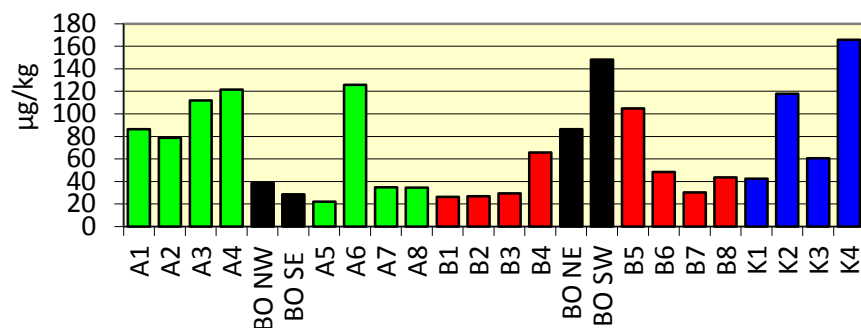
Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Fluorene, Pirene) o quasi tutti (Indeno (1,2,3-c,d)pirene) i siti, altri non sono stati rilevati affatto (Antracene, Dibenzo(a,h)antracene, Fenantrene, Fluorantene; Tab. 2-XXI). Mediamente diffuso (16 siti su 24) il Naftalene, i cui tenori sono risultati molto variabili, molto spesso (inclusi tre controlli) maggiori dell'LCB (35 µg/kg) indicato in ICRAM-APAT (2007). Il Benzo(g,h,i)perilene è stato rilevato solo in due stazioni (A7 e B6). Tutti i composti eccetto il già citato Naftalene sono stati rilevati in concentrazioni modeste, molto inferiori agli LCB.

Gli IPA totali hanno rispecchiato quasi esclusivamente gli andamenti del Naftalene (fig. 2.36). Nel complesso anche i totali sono risultati bassi, molto al di sotto dell'LCB (900 µg/kg), ma in quest'ultimo campionamento è avvenuto un diffuso incremento delle concentrazioni e della variabilità tra siti (Fabi *et al.*, 2017b). I pattern osservati non sono relazionabili alla presenza della piattaforma avendo interessato anche i controlli.



**Tab. 2-XXI** - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) nei sedimenti prelevati nel 3° monitoraggio 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). LQ = limite di rilevabilità strumentale..

	LCB/PP	3° survey post lavori (inverno 2017)																							
		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	3,0	3,8	4,4	5,1	5,0	1,4	2,7	5,5	2,7	1,9	1,6	2,2	2,8	3,3	2,9	5,0	4,0	3,5	2,4	3,2	4,9	5,1	2,8	6,2
Acenaftilene		1,2	1,3	1,6	1,9	1,7	0,9	1,1	2,0	1,1	1,2	0,9	1,1	1,2	1,5	1,2	1,9	1,5	1,3	0,9	1,2	2,0	2,0	1,1	2,3
Antracene	47 (24)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) antracene	75	1,2	1,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,2	1,7	1,5	2,0	1,4	1,6	1,5	1,2	1,1	1,7	1,5	1,7	1,5	1,5	1,7	2,6	1,0	2,0
Benzo (a) pirene	80 (30)*	1,3	1,2	1,4	1,6	1,5	1,5	1,2	1,7	1,5	2,0	1,5	1,7	1,6	1,3	1,1	1,8	1,5	1,7	1,4	1,5	1,7	1,7	1,0	2,0
Benzo (b) fluorantene	40	5,3	4,7	5,2	5,4	5,9	7,6	3,8	7,8	7,9	8,4	6,3	5,7	6,2	2,4	6,1	6,4	4,8	6,1	7,0	7,5	4,9	4,7	3,4	11,4
Benzo (g, h,i) perilene	55	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (k) fluorantene	20	5,8	5,1	5,7	6,0	6,5	8,1	2,6	8,4	8,4	9,2	6,8	6,4	6,8	3,1	6,4	7,1	5,3	3,7	7,5	7,9	3,6	5,4	3,8	11,9
Crisene	108	1,4	1,2	1,3	1,3	1,4	1,9	1,5	1,9	1,9	2,0	1,6	1,4	1,5	0,6	1,5	1,5	1,4	2,2	1,7	1,8	2,0	1,1	0,8	2,7
Dibenzo (a, h) antracene	6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorantene	113	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorene	21	5,0	5,3	5,7	7,2	6,3	1,8	4,3	7,5	4,6	3,8	2,7	3,7	4,7	3,8	3,9	6,5	5,8	4,9	4,2	5,2	6,5	7,8	4,4	8,1
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	1,4	1,3	1,3	1,5	1,7	2,4	1,9	2,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,8	<LQ	1,8	2,0	1,3	3,1	2,2	2,6	2,1	1,1	1,0	3,2
Naftalene	35	59,6	52,7	82,6	88,7	6,0	<LQ		85,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	47,5	59,2	112,7	76,3	17,7	<LQ	9,7	11,5	85,2	40,6	113,7
Pirene	153	1,3	1,1	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,7	1,7	1,6	1,3	1,4	1,5	0,9	1,2	1,6	1,4	1,8	1,3	1,4	1,6	1,2	0,8	2,1
<b>Totale</b>	<b>900</b>	<b>86,4</b>	<b>78,8</b>	<b>112,0</b>	<b>121,6</b>	<b>38,7</b>	<b>28,6</b>	<b>22,0</b>	<b>125,7</b>	<b>34,8</b>	<b>34,5</b>	<b>26,2</b>	<b>27,0</b>	<b>29,6</b>	<b>65,7</b>	<b>86,3</b>	<b>148,2</b>	<b>104,8</b>	<b>48,4</b>	<b>30,2</b>	<b>43,5</b>	<b>42,5</b>	<b>117,8</b>	<b>60,7</b>	<b>165,7</b>



**Fig. 2.36** - Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) nei sedimenti prelevati nel 3° monitoraggio post lavori. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero.

### 2.2.3.3 Idrocarburi totali

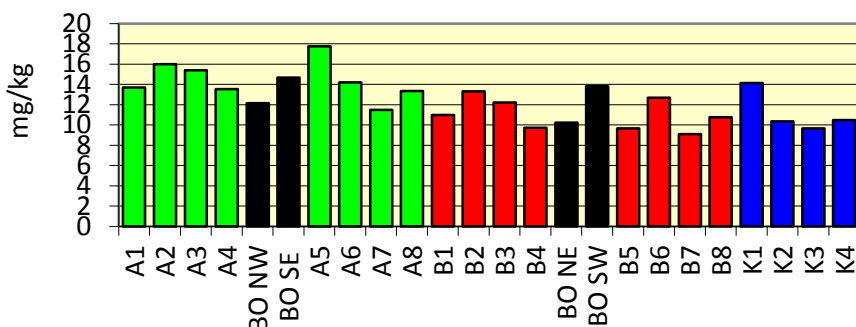
Nell'inverno 2017 gli Idrocarburi leggeri ( $C < 12$ ) non sono stati rilevati analogamente ai monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2017b). Gli Idrocarburi pesanti ( $C > 12$ ) sono invece stati quantificati ovunque ma in basse concentrazioni, con valori tutti inferiori a 18 mg/kg (Tab. 2-XXII e fig. 2.37). Non si rilevano dati anomali lungo i transetti rispetto ai controlli. Si evidenzia che, rispetto al pre-survey, è avvenuto un diffuso decremento per cui, al momento, la piattaforma non ha alcun effetto su questi contaminanti.

**Tab. 2-XII** – Idrocarburi (mg/kg)  $C > 12$  rilevati nei sedimenti campionati nel 3° monitoraggio post lavori di installazione di Bonaccia NW. In rosso i siti in corrispondenza della piattaforma.

A1	13,7
A2	16,0
A3	15,4
A4	13,6
BO NW	12,1
BO SE	14,7
A5	17,7
A6	14,2
A7	11,5
A8	13,3

B1	11,0
B2	13,3
B3	12,2
B4	9,7
BO NE	10,2
BO SW	13,8
B5	9,6
B6	12,7
B7	9,1
B8	10,8

K1	14,1
K2	10,3
K3	9,7
K4	10,5



**Fig. 2.37** - Idrocarburi pesanti ( $C > 12$ ) rilevati nel 3° monitoraggio post lavori di installazione.

### 2.2.3.4 Metalli pesanti

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'intero periodo di indagine sono riportati in fig. 2.38 e in Tab. 2-XXIII. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai Livelli Chimici di Riferimento Nazionali (di seguito LCRN) indicati nel DM 173 2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità (SQA) riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale (50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

**Alluminio** – Nel 3° survey post lavori di installazione le percentuali di alluminio sono

risultate basse e mediamente paragonabili tra transetti, siti BO e controlli (A:  $1,09\pm 0,22$ ; B:  $1,04\pm 0,17$ ; BO:  $0,87\pm 0,14$  K:  $1,23\pm 0,58\%$ ). Anche a livello di singole stazioni non ci sono anomalie da segnalare. I tenori sono inferiori a quelli del pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b).

**Arsenico** – Le concentrazioni di arsenico determinate nell’inverno 2017 lungo i transetti e nei siti prossimi a Bonaccia NW sono apparse piuttosto variabili e quelle di A e B in media maggiori rispetto ai riferimenti (A:  $18,72\pm 3,95$ ; B:  $18,52\pm 4,35$ ; BO:  $16,57\pm 4,87$ ; K:  $11,38\pm 2,25$  mg/kg). Eccetto in BO SE e nei controlli K2-K4 esse sono anche risultate superiori all’LCRN. Lungo A il picco è stato osservato in A4 ( $24,08$  mg/kg), più che doppio rispetto alla media dei riferimenti. In B1 è stato rilevato invece il massimo assoluto ( $26,84$  mg/kg). Questo pattern potrebbe, almeno in parte, dipendere dalla presenza della piattaforma, ma al momento gli indizi non sono eclatanti e richiedono approfondimenti. Rispetto al pre survey (Fabi *et al.*, 2017b) è aumentato ovunque eccetto in BO SE.

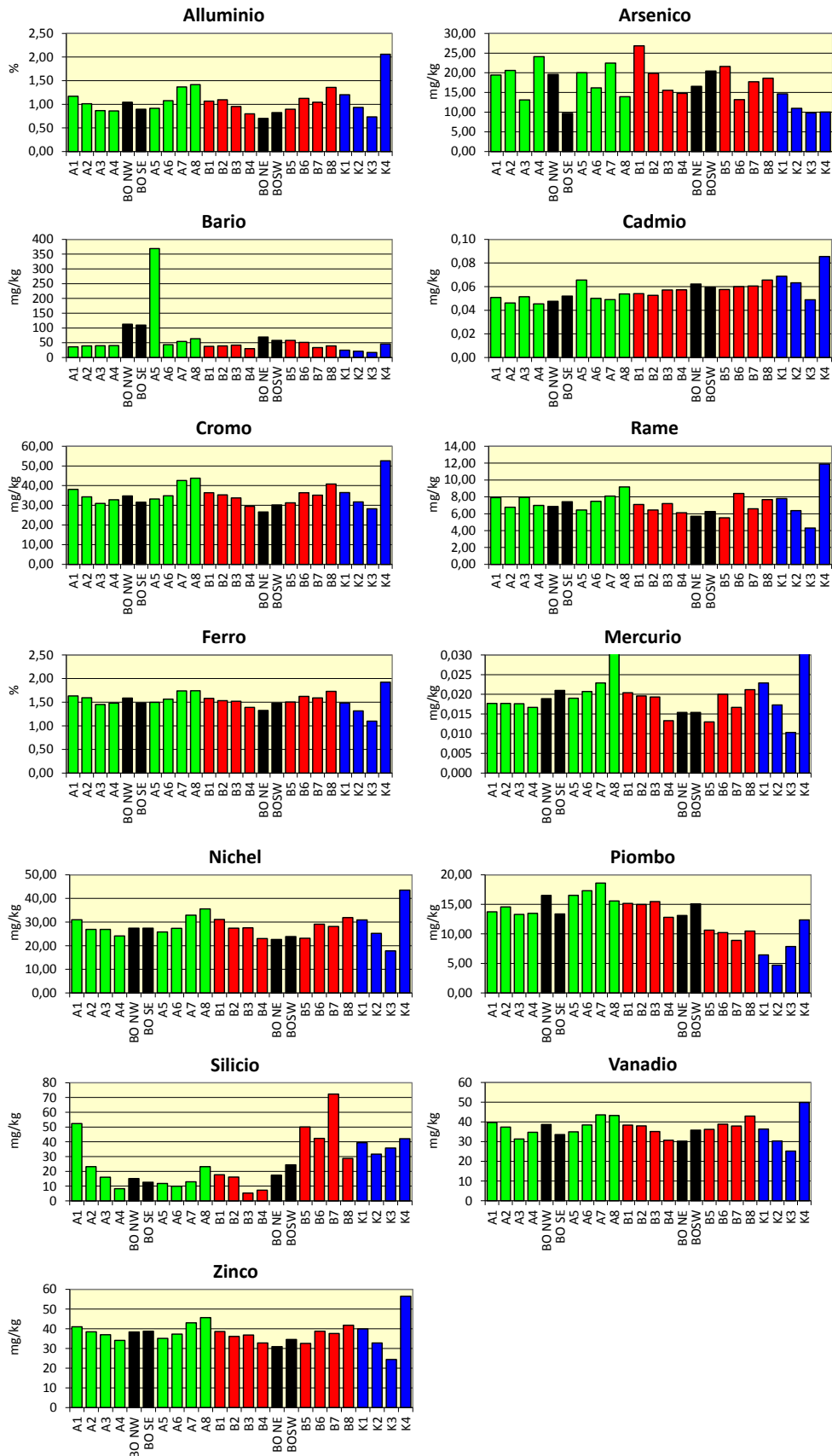
**Bario** – Nel 3° post lavori le concentrazioni di bario sono risultate per lo più in linea con quelle del pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b). Tuttavia, è stata rilevata una tendenza all’aumento presso Bonaccia NW e a breve distanza da essa, in particolare in A5 dove il picco ( $369,00$  mg/kg) è risultato pari a 13 volte la media dei riferimenti ( $27,34\pm 12,86$  mg/kg). Nel monitoraggio estivo del 2016 era stata rilevata un’altra anomalia in B6.

**Cadmio** – Le concentrazioni di cadmio sono apparse diffusamente basse, ampiamente inferiori all’LCRN, e molto omogenee tra loro come indicato dalle medie (A:  $0,052\pm 0,06$ ; B:  $0,058\pm 0,04$ ; BO:  $0,055\pm 0,07$ ; K:  $0,067\pm 0,015$  mg/kg). Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuto un diffuso decremento.

**Cromo** – Il contenuto di cromo nell’inverno 2017 rilevato nei siti A, B e BO è risultato inferiore o in linea con i riferimenti e le concentrazioni medie sono apparse tutte confrontabili (A:  $36,33\pm 4,70$ ; B:  $34,83\pm 3,46$ ; BO:  $30,77\pm 3,36$ ; K:  $37,26\pm 10,79$  mg/kg). Solo al controllo K4 ( $52,64$  mg/kg) è stato superato, seppur di poco, l’LCRN. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) è stata evidenziata una riduzione diffusa.

**Rame** – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2017 nei siti A, B e BO sono risultate molto basse e inferiori o in linea con i riferimenti (A:  $7,60\pm 0,87$ ; B:  $6,88\pm 0,91$ ; BO:  $6,56\pm 0,74$ ; K:  $7,59\pm 3,21$  mg/kg) e notevolmente più basse dell’LCRN. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuto un decremento.

**Ferro** – Anche le concentrazioni di ferro rilevate nei siti A, B e BO sono apparse inferiori o in linea con quelle dei riferimenti e mediamente comparabili (A:  $1,59\pm 0,11$ ; B:  $1,56\pm 0,10$ ; BO:  $1,47\pm 0,11$ ; K:  $1,46\pm 0,35\%$ ). Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuta una leggera flessione.



**Fig. 2.38** - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel 3° monitoraggio post lavori (inverno 2017). In nero le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW. Non è riportato l'indio in quanto inferiore al limite di rilevabilità ovunque.

**Tab. 2-XXIII** - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel 3° monitoraggio post lavori (inverno 2017). In rosso le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW.

	Alluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cromo	Rame	Ferro	Indio	Mercurio	Nichel	Piombo	Silicio	Vanadio	Zinco
A1	1,17	19,43	36,07	0,051	38,06	7,917	1,63	< 0,02	0,018	31,00	13,73	52,38	39,74	41,04
A2	1,01	20,60	39,24	0,046	34,29	6,774	1,60	< 0,02	0,018	26,93	14,55	23,14	37,41	38,47
A3	0,87	13,11	39,86	0,052	30,99	7,955	1,45	< 0,02	0,018	26,92	13,29	16,08	31,36	37,03
A4	0,86	24,08	40,51	0,045	32,84	6,983	1,48	< 0,02	0,017	24,13	13,47	8,26	34,73	34,09
<b>BO NW</b>	<b>1,04</b>	<b>19,60</b>	<b>112,49</b>	<b>0,048</b>	<b>34,72</b>	<b>6,858</b>	<b>1,59</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,019</b>	<b>27,39</b>	<b>16,51</b>	<b>15,06</b>	<b>38,70</b>	<b>38,40</b>
<b>BO SE</b>	<b>0,89</b>	<b>9,71</b>	<b>109,50</b>	<b>0,052</b>	<b>31,59</b>	<b>7,426</b>	<b>1,48</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,021</b>	<b>27,42</b>	<b>13,37</b>	<b>12,63</b>	<b>33,55</b>	<b>38,77</b>
A5	0,91	20,00	369,00	0,066	33,18	6,449	1,50	< 0,02	0,019	25,83	16,53	11,80	34,98	35,13
A6	1,08	16,16	43,58	0,050	34,87	7,477	1,56	< 0,02	0,021	27,33	17,30	9,91	38,46	37,30
A7	1,37	22,46	54,52	0,049	42,61	8,093	1,74	< 0,02	0,023	32,90	18,59	12,98	43,54	43,04
A8	1,41	13,92	63,85	0,054	43,77	9,172	1,74	< 0,02	0,035	35,54	15,57	23,12	43,29	45,70
B1	1,07	26,84	37,67	0,054	36,41	7,098	1,58	< 0,02	0,020	31,10	15,15	17,64	38,36	38,59
B2	1,10	19,85	39,24	0,053	35,30	6,452	1,53	< 0,02	0,020	27,40	14,98	16,17	38,03	36,11
B3	0,95	15,55	41,74	0,057	33,79	7,203	1,52	< 0,02	0,019	27,52	15,46	5,23	35,15	36,82
B4	0,80	14,80	29,94	0,057	29,47	6,110	1,39	< 0,02	0,013	23,05	12,81	7,21	30,73	32,84
<b>BO NE</b>	<b>0,70</b>	<b>16,55</b>	<b>69,32</b>	<b>0,062</b>	<b>26,62</b>	<b>5,702</b>	<b>1,33</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,015</b>	<b>22,63</b>	<b>13,12</b>	<b>17,34</b>	<b>30,25</b>	<b>30,92</b>
<b>BO SW</b>	<b>0,82</b>	<b>20,43</b>	<b>57,80</b>	<b>0,059</b>	<b>30,17</b>	<b>6,260</b>	<b>1,48</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,015</b>	<b>23,89</b>	<b>15,09</b>	<b>24,38</b>	<b>35,83</b>	<b>34,60</b>
B5	0,89	21,61	58,14	0,057	31,28	5,513	1,50	< 0,02	0,013	23,16	10,64	50,09	36,18	32,57
B6	1,13	13,19	51,34	0,060	36,37	8,394	1,62	< 0,02	0,020	29,10	10,21	42,29	38,82	38,77
B7	1,04	17,72	33,49	0,061	35,17	6,586	1,59	< 0,02	0,017	28,15	8,90	72,31	37,89	37,59
B8	1,36	18,62	39,04	0,066	40,85	7,669	1,73	< 0,02	0,021	31,85	10,47	28,76	42,95	41,81
K1	1,20	14,66	24,97	0,069	36,43	7,800	1,48	< 0,02	0,023	30,91	6,44	39,39	36,39	39,96
K2	0,93	10,97	21,36	0,063	31,73	6,369	1,32	< 0,02	0,017	25,20	4,70	31,61	30,36	32,80
K3	0,74	9,81	17,01	0,049	28,23	4,301	1,10	< 0,02	0,010	17,77	7,86	35,79	25,21	24,41
K4	2,06	10,06	45,99	0,085	52,64	11,902	1,92	< 0,02	0,033	43,52	12,37	42,12	49,88	56,48

**Indio** – Questo metallo è stato sporadicamente rilevato solo durante la realizzazione della piattaforma e nel 1° survey post lavori condotto nell’inverno 2016 (Fabi *et al.*, 2017b).

**Mercurio** – Tutte le concentrazioni determinate nell’inverno 2017 nei siti A, B e BO sono risultate molto basse e inferiori o in linea con i riferimenti (A:  $0,021 \pm 0,006$ ; B:  $0,018 \pm 0,003$ ; BO:  $0,018 \pm 0,003$ ; K:  $0,021 \pm 0,010$  mg/kg). Anche il picco registrato in A8, peraltro confrontabile con K4, è molto basso in valore assoluto essendo 10 volte inferiore all’LCRN. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) il mercurio ha solo subito lievi oscillazioni da attribuire alle dinamiche naturali.

**Nichel** – Nell’inverno 2017 il nichel rilevato nei siti A, B e BO è apparso inferiore rispetto al controllo K4, unico sito in cui è stato superato seppur di poco l’LCRN, ma mediamente non sono state riscontrate differenze soprattutto per l’elevata variabilità che ha caratterizzato i riferimenti (A:  $28,82 \pm 3,91$ ; B:  $27,67 \pm 3,23$ ; BO:  $25,33 \pm 2,45$ ; K:  $29,35 \pm 10,87$  mg/kg). Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) il nichel si è ridotto diffusamente.

**Piombo** – Le concentrazioni rilevate nell’inverno 2017 sono risultate diffusamente basse ovunque, inferiori all’LCRN; tuttavia, per la prima volta (Fabi *et al.*, 2017b) sono apparse mediamente maggiori lungo i transetti (A:  $13,38 \pm 1,95$ ; B:  $12,33 \pm 2,61$  mg/kg) e nei siti BO ( $14,52 \pm 1,59$  mg/kg) rispetto ai riferimenti ( $7,84 \pm 3,28$  mg/kg). Il picco ( $18,59$  mg/kg), rilevato in A7, corrisponde a 2,4 volte la media dei controlli.

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) sono avvenute modeste variazioni che riflettono unicamente una variabilità naturale.

**Silicio** – Come emerso in precedenza (Fabi *et al.*, 2017b), il silicio è apparso caratterizzato da un’elevata variabilità spaziale anche nell’ultimo monitoraggio, soprattutto lungo i transetti come indicato dalle medie (A:  $19,71 \pm 14,34$ ; B:  $29,96 \pm 23,37$ ; BO:  $17,35 \pm 5,06$ ; K:  $37,23 \pm 4,56$ ). Quanto osservato è da imputare alla nota variabilità di questo elemento.

**Vanadio** – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2017 nei siti A, B e BO, sono apparse inferiori a quelle del riferimento K4 ma mediamente comparabili (A:  $37,94 \pm 4,25$ ; B:  $37,27 \pm 3,49$ ; BO:  $34,58 \pm 3,57$ ; K:  $35,46 \pm 10,65$ ). Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuto un diffuso decremento.

**Zinco** – Anche le concentrazioni di zinco rilevate nell’inverno 2017 nei siti A, B e BO sono apparse inferiori a quella di K4 ma mediamente comparabili con i riferimenti (A:  $38,98 \pm 3,99$ ; B:  $36,89 \pm 3,09$ ; BO:  $35,67 \pm 3,69$ ; K:  $38,41 \pm 13,62$ ). Tutte sono inoltre minori rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) e notevolmente inferiori all’LCRN.

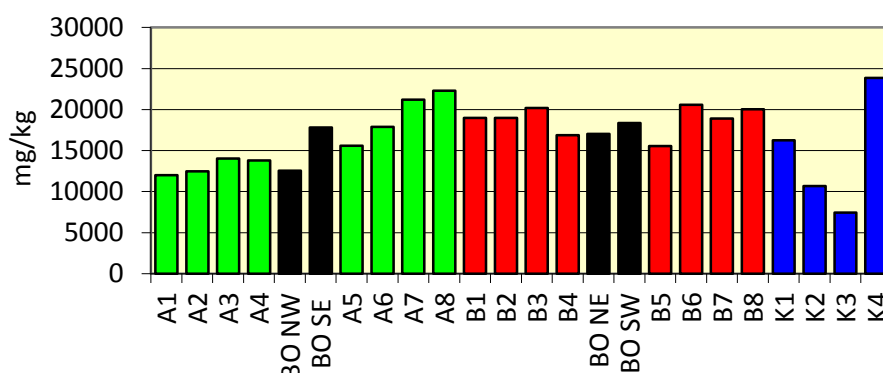
### 2.2.3.5 Sostanza organica

Le concentrazioni di sostanza organica rilevate nei controlli nell'inverno 2017 sono oscillate tra 7.451 mg/kg e 23.847 mg/kg (Tab. 2-XXIV e fig. 2.39), intervallo in cui sono inclusi tutti i tenori registrati lungo A, lungo B e in corrispondenza della piattaforma.

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuto un diffuso incremento lungo i transetti, mentre ai controlli i tenori sono rimasti simili o sono diminuiti.

**Tab. 2-XXIV** – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'inverno 2017. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

A1	11.991
A2	12.473
A3	14.027
A4	13.808
BO NW	12.544
BO SE	17.813
A5	15.600
A6	17.873
A7	21.222
A8	22.295
B1	18.974
B2	18.976
B3	20.175
B4	16.865
BO NE	17.026
BO SW	18.374
B5	15.538
B6	20.589
B7	18.897
B8	20.022
K1	16.265
K2	10.678
K3	7.451
K4	23.847



**Fig. 2.39** - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel 3° survey post lavori di installazione. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW.

### 2.2.3.5 Total Organic Carbon (TOC)

Le concentrazioni di TOC rilevate nell'inverno 2017 lungo i transetti e presso Bonaccia NW sono risultate mediamente in linea tra loro (A:  $2.853 \pm 648$ ; B:  $2.778 \pm 817$ ; BO:  $2.715 \pm 356$ ; K:  $2.318 \pm 678$  mg/kg). Analizzando le singole stazioni solo i tenori in A7 e B8 sono apparsi trascurabilmente maggiori rispetto al controllo K4 (Tab. 2-XX e fig. 2.40).

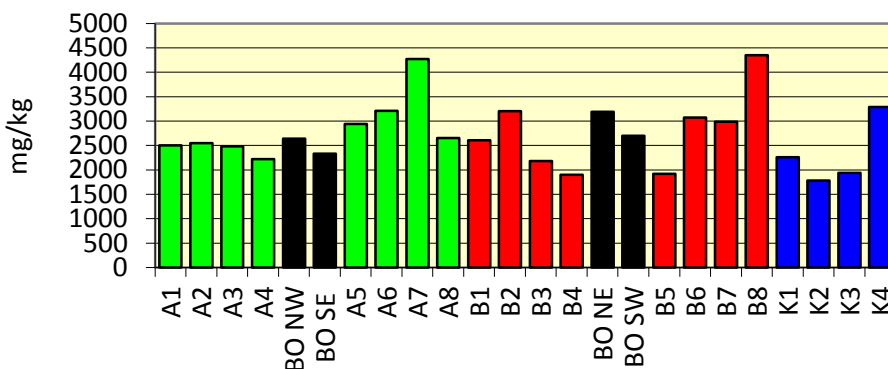
Durante il pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) il TOC era stato quantificato esclusivamente in K4. Rispetto alle condizioni iniziali dell'area, pertanto, si registra un incremento che tuttavia riguarda anche i riferimenti e dunque non è da relazionare alla presenza della piattaforma.

**Tab. 2-XXV** – Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel 3° survey post lavori di installazione. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma Bonaccia NW.

A1	2.500
A2	2.550
A3	2.480
A4	2.220
<b>BO NW</b>	<b>2.640</b>
<b>BO SE</b>	<b>2.330</b>
A5	2.940
A6	3.210
A7	4.270
A8	2.650

B1	2.610
B2	3.200
B3	2.180
B4	1.900
<b>BO NE</b>	<b>3.190</b>
<b>BO SW</b>	<b>2.700</b>
B5	1.920
B6	3.070
B7	2.990
B8	4.350

K1	2.260
K2	1.780
K3	1.940
K4	3.290



**Fig. 2.40** - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nell'inverno 2017. 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 nell'inverno 2017 come controllo positivo con  $K_2Cr_2O_7$  (10,80 mg/l come cromo, LC=10,09 e UC=11,43 mg/l) sono rientrati nei limiti della carta di controllo intralaboratorio; i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti sono risultati conformi in quanto inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore  $\geq 16$ ).

Risultati del saggio - I risultati del saggio relativo al 3° survey post lavori indicano l'assenza di un effetto tossico ovunque (Tab. 2-XXVI), analogamente a tutti i survey precedenti (Fabi *et al.*, 2017b).

**Tab. 2-XXVI** - Parametri di contorno e risultati del saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nel 3° survey post lavori. In rosso il sito della piattaforma.

campione	pH	Salinità (‰)	$\Delta G$ (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
<b>BO SE</b>	<b>8,05</b>	<b>34</b>	14,85	<b><math>\geq 90</math></b>	<b>&gt;100%</b>	<b>Assente</b>
A3	8,04	34	20,82	$\geq 90$	>100%	Assente
A6	7,98	34	4,20	$\geq 90$	>100%	Assente
B3	7,95	34	2,33	$\geq 90$	>100%	Assente
B6	7,91	34	8,87	$\geq 90$	>100%	Assente
K1	8,00	34	30,72	$\geq 90$	>100%	Assente
K2	7,90	35	16,15	$\geq 90$	>100%	Assente
K3	7,90	34	15,78	$\geq 90$	>100%	Assente
K4	7,98	34	18,95	$\geq 90$	>100%	Assente

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

QA-QC – Nell'inverno 2017 il valore della EC<sub>50</sub> a 15' = 8,13 mg/l (LC=6,48 e UC=10,19) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – Tutti gli elutriati sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 2-XXVII) come precedentemente (Fabi *et al.*, 2017b).

**Tab. 2-XXVII** - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* relativo al 3° 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
<b>BO SE</b>	<b>8,05</b>	<b>34</b>	<b>4,67</b>	<b>6,00</b>	<b><math>\geq 90</math></b>	<b><math>\geq 90</math></b>	<b>Assente</b>
A3	8,04	34	8,00	7,91	$\geq 90$	$\geq 90$	Assente
A6	7,98	34	12,10	13,20	$\geq 90$	$\geq 90$	Assente
B3	7,95	34	16,47	15,67	$\geq 90$	$\geq 90$	Assente
B6	7,91	34	7,94	8,35	$\geq 90$	$\geq 90$	Assente
K1	8,00	34	11,88	12,73	$\geq 90$	$\geq 90$	Assente
K2	7,90	35	9,10	12,27	$\geq 90$	$\geq 90$	Assente
K3	7,90	34	13,86	15,47	$\geq 90$	$\geq 90$	Assente
K4	7,98	34	19,88	10,00	$\geq 90$	$\geq 90$	Assente

### 2.2.4.3 *Corophium orientale*

La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento ( $\text{CdCl}_2$ )  $\text{LC}_{50} = 2,91$  ( $\text{LC} = 2,61 \text{ mg/l}$  e  $\text{UC} = 3,25 \text{ mg/l}$ ) 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-XXVIII sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test eseguito nel 3° survey post lavori.

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg hanno documentato l'assenza di tossicità ovunque eccetto in B3 (Tab. 2-XXIX). Questi risultati indicano un miglioramento delle proprietà ecotossicologiche dei sedimenti di 3 controlli e di A6 rispetto all'estate 2016 (Fabi *et al.*, 2017b), caratterizzati in quel monitoraggio da una tossicità bassa, e un lieve peggioramento in B3.

**Tab. 2-XXVIII** – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test relativo al 3° survey post lavori. In rosso il sito sulla piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	$\text{O}_2$ (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	$\text{O}_2$ (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,22	0	> 85	16 ± 1	36	8,10	2	> 85
<b>BO SE</b>		<b>36</b>	<b>8,22</b>	<b>0,5</b>			<b>36</b>	<b>7,82</b>	<b>0</b>	
A3		37	8,25	0			36	7,83	0	
A6		36	8,25	0			36	7,80	0	
B3		36	8,26	0			36	7,82	0	
B6		36	8,27	0			36	7,81	0	
K1		36	8,25	0,5			36	7,83	0	
K2		36	8,24	0			36	7,80	0	
K3		36	8,25	0			36	7,78	0	
K4		35	8,26	0,5			36	7,77	0	

**Tab. 2-XXIX** - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al 3° 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 ± 3,18	0	-
<b>BO SE</b>	<b>100</b>	<b>12 ± 5,19</b>	<b>11</b>	<b>Assente</b>
A3	100	10 ± 3,67	9	Assente
A6	100	7 ± 3,18	6	Assente
B3	100	16 ± 5,19	15	Bassa
B6	100	11 ± 3,18	10	Assente
K1	100	12 ± 5,19	11	Assente
K2	100	12 ± 5,19	11	Assente
K3	100	14 ± 3,67	13	Assente
K4	100	11 ± 3,18	10	Assente

#### 2.2.4.4 *Crassostrea gigas*

QA-QC - Il test eseguito nell'inverno 2017 con la sostanza di riferimento ha prodotto una  $EC_{50}$  di 11,97  $\mu\text{g/l}$  di Cu ( $LC=11,17$  e  $UC=12,83$ ) che rientra nei limiti della carta di controllo; la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Nell'inverno 2017 è stata rilevata solo una tossicità bassa in due controlli (Tab. 2-XXX). Ciò indica un netto miglioramento in A6, B3 e B6 dove, nell'estate 2016, era stata rilevata una tossicità media nel primo sito e bassa negli altri due (Fabi *et al.*, 2017b). Nell'area circostante la piattaforma si sono ripristinate le condizioni osservate nel pre-survey.

**Tab. 2-XXX** - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 3° 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		84 ± 1,53	16	0			
BO SE	100	76 ± 1,53	24	9	≥90	>100	Assente
	50	80 ± 0,58	20	6			
	25	83 ± 0,58	17	2			
A3	100	72 ± 2,00	28	16	≥90	>100	Assente
	50	77 ± 2,08	23	8			
	25	82 ± 1,53	18	2			
A6	100	72 ± 2,08	28	15	≥90	>100	Assente
	50	77 ± 1,53	23	9			
	25	81 ± 1,53	19	4			
B3	100	70 ± 1,53	30	17	≥90	>100	Assente
	50	76 ± 1,53	24	9			
	25	82 ± 2,08	18	3			
B6	100	73 ± 1,53	27	13	≥90	>100	Assente
	50	79 ± 1,15	21	7			
	25	82 ± 1,53	18	2			
K1	100	74 ± 1,53	26	12	≥90	>100	Assente
	50	78 ± 0,58	22	7			
	25	82 ± 1,73	18	3			
K2	100	62 ± 2,00	38	26	74,4	>100	Bassa
	50	73 ± 1,53	27	13			
	25	82 ± 1,53	20	5			
K3	100	59 ± 1,15	41	30	64	>100	Bassa
	50	70 ± 1,53	30	17			
	25	80 ± 1,53	20	5			
K4	100	72 ± 2,00	28	15	≥90	>100	Assente
	50	78 ± 1,53	22	8			
	25	82 ± 2,00	18	3			

#### 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 3° survey post lavori, sono riportati in Tab. 2-XXXI, mentre

in Tab. 2-XXXII sono indicate le mortalità degli organismi osservate, risultate tutte comparabili eccetto quelle in A3, B6 e K4 apparse superiori rispetto al controllo.

**Tab. 2-XXXI** - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto nel 3° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
Controllo	15 ± 1	34	7,50	2	> 85	15 ± 1	34	8,28	0,5	> 85
<b>BOSE</b>		<b>34</b>	<b>8,16</b>	<b>0,5-1</b>			<b>36</b>	<b>8,01</b>	<b>0</b>	
A3		35	8,16	0,5			35	8,03	0	
A6		35	8,16	0,5			36	8,00	0	
B3		35	8,15	0-0,5			36	8,02	0,5	
B6		34	8,15	0,5			34	7,99	0	
K1		35	8,15	0			36	7,97	0	
K2		35	8,16	0			35	7,99	0	
K3		35	8,17	0,5			36	7,97	0	
K4		36	8,15	0-0,5			35	7,98	0	

**Tab. 2-XXXII** - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 3° survey post lavori. In rosso è evidenziato il sito sulla piattaforma.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	18	19 ± 8,25
<b>BO SE</b>	18	<b>24 ± 8,25</b>
A3	18	29 ± 0,00
A6	18	14 ± 0,00
B3	18	24 ± 8,25
B6	18	29 ± 0,00
K1	18	24 ± 8,25
K2	18	14 ± 0,00
K3	18	14 ± 0,00
K4	18	29 ± 0,00

Risultati del saggio - In Tab. 2-XXXIII 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-XXXIV 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').

**Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, In e Pb** sono tutti risultati non rilevabili o presenti in concentrazioni simili o inferiori a quella del bianco. **Si e V** sono stati bioaccumulati solo in piattaforma, **Zn** solo al controllo K1 e **Ba** presso Bonaccia NW e K3. **Ni e Hg** sono stati accumulati ovunque. Rispetto all'estate 2016 (Fabi *et al.*, 2017b) è scomparso il bioaccumulo di Cd in A3, di Pb in BO SE, A3 e riferimenti K3-K4 e di Si nei siti A, B e K.

Si registra invece un peggioramento per quanto concerne Ba in BO SE e K3, di V in BO SE e di Zn in K1. Si segnala anche il nuovo bioaccumulo generalizzato di Hg che aveva caratterizzato sia il pre-survey che la fase di installazione.

**Tab. 2-XXXIII** - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 3° 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	n.r.	3,02	1,32	0,074	n.r.	11,89	448,74	2,65	n.r.	0,79	309,20	0,60	101,72	0,062
Controllo	n.r.	2,82	n.r.	0,059	n.r.	10,47	369,11	6,04	n.r.	0,67	58,49	n.r.	106,97	0,121
<b>BO SE</b>	<b>0,03</b>	<b>2,74</b>	<b>9,98</b>	<b>0,049</b>	<b>n.r.</b>	<b>10,28</b>	<b>650,50</b>	<b>10,17</b>	<b>n.r.</b>	<b>0,45</b>	<b>934,86</b>	<b>1,41</b>	<b>105,46</b>	<b>0,086</b>
A3	n.r.	2,68	n.r.	0,060	n.r.	10,72	339,72	5,54	n.r.	0,35	114,47	n.r.	93,33	0,084
A6	n.r.	2,67	n.r.	0,060	n.r.	20,11	389,16	8,84	n.r.	0,30	219,52	n.r.	106,09	0,093
B3	n.r.	2,47	n.r.	0,082	n.r.	8,73	295,02	5,25	n.r.	0,26	100,20	n.r.	103,00	0,099
B6	n.r.	2,83	n.r.	0,068	n.r.	14,96	315,63	5,45	n.r.	0,23	86,74	n.r.	111,71	0,104
K1	n.r.	2,90	n.r.	0,046	n.r.	11,88	439,30	7,55	n.r.	0,28	142,50	n.r.	129,81	0,111
K2	n.r.	2,72	n.r.	0,071	n.r.	8,27	294,35	5,63	n.r.	0,25	92,54	n.r.	95,99	0,108
K3	n.r.	2,80	10,86	0,036	n.r.	9,28	317,58	4,92	n.r.	0,22	111,68	n.r.	97,51	0,091
K4	n.r.	3,24	n.r.	0,043	n.r.	8,45	311,29	5,93	n.r.	0,28	109,02	n.r.	101,43	0,086

**Tab. 2-XXXIV**- 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 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.	-0,20	n.c.	-0,015	n.c.	-1,42	-79,63	<b>3,39</b>	n.c.	-0,12	-250,71	n.c.	5,25	<b>0,059</b>
<b>BO SE</b>	<b>n.c.</b>	<b>-0,28</b>	<b>8,66</b>	<b>-0,025</b>	<b>n.c.</b>	<b>-1,61</b>	<b>201,76</b>	<b>7,52</b>	<b>n.c.</b>	<b>-0,34</b>	<b>625,66</b>	<b>0,81</b>	<b>3,74</b>	<b>0,024</b>
A3	n.c.	-0,34	n.c.	-0,014	n.c.	-1,17	-109,02	<b>2,89</b>	n.c.	-0,44	-194,73	n.c.	-8,39	<b>0,022</b>
A6	n.c.	-0,35	n.c.	-0,014	n.c.	8,22	-59,58	<b>6,19</b>	n.c.	-0,49	-89,68	n.c.	4,37	<b>0,031</b>
B3	n.c.	-0,55	n.c.	0,008	n.c.	-3,16	-153,72	<b>2,60</b>	n.c.	-0,53	-209,00	n.c.	1,28	<b>0,037</b>
B6	n.c.	-0,19	n.c.	-0,006	n.c.	3,07	-133,11	<b>2,80</b>	n.c.	-0,56	-222,46	n.c.	9,99	<b>0,042</b>
K1	n.c.	-0,12	n.c.	-0,028	n.c.	-0,01	-9,44	<b>4,90</b>	n.c.	-0,51	-166,70	n.c.	<b>28,09</b>	<b>0,049</b>
K2	n.c.	-0,30	n.c.	-0,003	n.c.	-3,62	-154,39	<b>2,98</b>	n.c.	-0,54	-216,66	n.c.	-5,73	<b>0,046</b>
K3	n.c.	-0,22	<b>9,53</b>	-0,038	n.c.	-2,61	-131,16	<b>2,27</b>	n.c.	-0,57	-197,52	n.c.	-4,21	<b>0,029</b>
K4	n.c.	0,22	n.c.	-0,031	n.c.	-3,44	-137,45	<b>3,28</b>	n.c.	-0,51	-200,18	n.c.	-0,29	<b>0,024</b>

## 2.2.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

### 2.2.5.1 Densità (N) e Biomassa (P)

Nel 3° survey dopo i lavori di installazione della piattaforma Bonaccia NW i trend della densità sono apparsi piuttosto altalenanti, soprattutto quello relativo al transetto A dove, in BO NW, è stato raggiunto il massimo assoluto ( $144,33 \pm 30,55$  ind/0,095 m<sup>2</sup>) confrontabile solo con BO SE ( $88,67 \pm 62,68$  ind/0,095 m<sup>2</sup>; fig. 2.41). Il minimo lungo A è stato registrato in A7 ( $28,33 \pm 2,19$  ind/0,095 m<sup>2</sup>). L'intervallo di valori lungo B è risultato meno ampio oscillando tra  $36,00 \pm 7,57$  ind/0,095 m<sup>2</sup> (B4) e  $82,67 \pm 17,17$  ind/0,095 m<sup>2</sup> (B8). Le densità dei controlli ( $28,67 \pm 2,19 \leq N \leq 55,00 \pm 2,00$  ind/0,095 m<sup>2</sup>) sono risultate simili a quelle della maggior parte dei siti dei transetti eccetto BO NW e B8. Rispetto al monitoraggio precedente (Fabi *et al.*, 2017b) sono da segnalare gli incrementi in BO NW, BO NE, B5 e B6 e le riduzioni nel tratto SE del transetto A e nei controlli K2-K3.

I policheti della famiglia Paraonidae hanno ancora rappresentato il taxon più numeroso in tutti i siti come in precedenza (Fabi *et al.*, 2017b) tranne in BO NW e BO SE, dove sono risultati più abbondanti rispettivamente i molluschi bivalvi *Anomia ephippium* e *Neopycnodonte cochlear* (Tab. 3-XXXV). In una o più stazioni sono risultati inoltre degni di nota i policheti *Ophelina cylindricaudata*, *Aphelochaeta filiformis*, *Paradiopatra calliopae*, *Notomastus aberans*, *Filograna* sp e quelli appartenenti alla famiglia Spionidae.

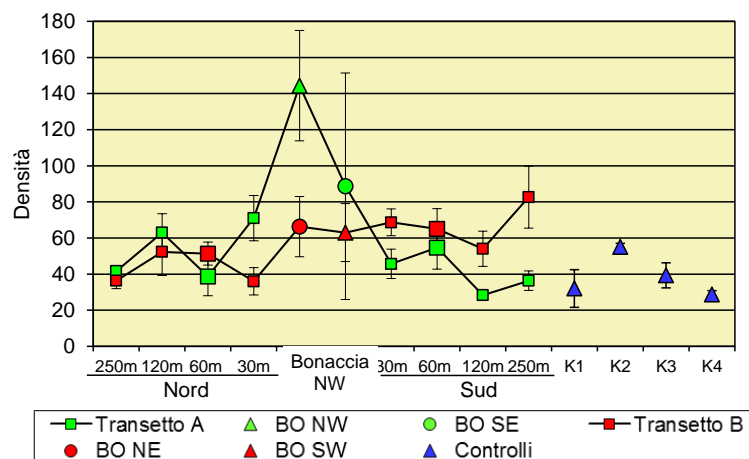


Fig. 2.41 – Densità ( $\pm$  e.s.) registrate presso i siti monitorati nell'inverno 2017.

**Tab. 2-XXXV** – Lista, densità (n. ind./0,095 m<sup>2</sup>) e sigle delle biocenosi delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 3° survey post lavori (inverno 2017). Per ogni sito è anche riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie: 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	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 futura 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>	HP					0,33								0,33	0,33										
	Briozoa nd							0,33					0,67		0,33											
	<i>Schizoporella errata</i>	Lre	0,33	0,33	0,33	0,67			0,33					0,33	0,67	0,67	0,33				0,33					
	<i>Scrupocellaria bertholleti</i>	Sd							0,33						0,33	0,67	1,00	0,33					0,33	0,67		
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Sd			0,33	0,67	0,67	0,67							0,33	0,67	0,33	0,33								
	<i>Triticella flava</i>	Simbiosi				0,33			0,33		0,33	0,33	0,67	0,33	0,33	0,33			0,33	0,33			0,33	0,67		
Cnidari	Antozoi						0,33		0,33					0,33					1,00				0,33		0,33	
			0,33		0,33			0,67			0,33		0,33	0,67		0,33	0,33	0,67	0,33	0,67			0,33		0,33	
		SFBC	0,33													0,33	0,33	0,67	0,33	0,67					0,33	
							1,33	0,33								0,33						0,33				
					0,33	0,33		0,33								0,33						0,33				0,33
Idrozoi	Hydroidea nd	0,67			0,67	1,00	0,67	1,00		0,33	0,33			0,33	0,33	0,33	0,67	0,33		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
Crostacei	Anfipodi																									
		DE				0,33	0,33	0,33							0,33		0,67				0,33		0,67			
			0,33				0,33								0,33		0,33									
		VB											0,33					0,33		0,33			0,33			
		VTC												0,33			0,33		0,33				0,33			
		VTC												0,33								0,67	0,67			
		Lre																						0,33		
		SFBC			0,33											0,33										
		MO													0,33											
		DC																								
		VTC			1,33	0,33	9,00					0,33		2,00	1,00	0,33	5,67	0,67								0,33
		VB	0,33				0,33		0,33								0,33		0,33							0,33
		Mixt	0,67			1,00	0,33			1,00		0,67		0,33		0,33	0,33			1,00						
		VTC																		0,67		0,33				
		Lre														0,33										
	SFBC																						0,33			
Cumacei	Urothoe sp										0,33												0,33			
	Cumacea nd		0,33		0,33										0,33		0,33					0,33		0,33	0,33	
	<i>Eudorella nana</i>	Lim																								
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt									0,67				0,33						0,33				0,33	

Tab. 2-XXXV – 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 futura 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
<b>Crostacei</b>																									
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC	0,33	0,67		0,33	0,67	0,33			0,33					0,67	0,33		0,33	0,33			0,67		0,33
	<i>Alpheus macrocheles</i>	DC					0,33							0,33											
	<i>Anapagurus</i> sp			0,67			0,67																		
	<i>Athanas nitescens</i>	C		0,33											0,33										
	<i>Callianassa subterranea</i>	Lim	0,67	2,33	0,33	2,00	1,33		0,33	2,33	1,00	1,67	1,00	0,33	2,00	2,00	0,33	0,67	1,67	1,00	1,67	1,67	1,00	1,00	
	<i>Ebalia deshayesi</i>	DC														0,67									
	<i>Eurynome aspera</i>	DC																							
	<i>Galathea intermedia</i>	C														1,00									
	<i>Galathea</i> sp															0,33								0,33	
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,33		0,33	1,33	1,67	0,33	1,00	2,00	0,67	0,67	0,33	1,33	0,33	0,67	1,00	1,67	1,67	1,00	1,00	0,67	0,33	0,33	0,33
	<i>Liocarcinus depurator</i>	VB					0,67	0,33																	
	<i>Liocarcinus maculatus</i>	Sab														0,33	0,33								
	<i>Macropodia linaresi</i>																								
	<i>Monodaeus couchi</i>	Lre					0,33	1,67																	
	Paguridae nd																								
	<i>Pagurus cuanensis</i>	Lre																							
	<i>Processa</i> sp						0,33						0,33												
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL			0,67		0,33	0,33	0,33			0,33													
Isopodi	<i>Eurydice</i> sp		0,33																						
	<i>Gnathia</i> sp		0,33			0,33									0,33										
Misidiacei	Misidiacea nd																								
Ostracodi	Ostracoda nd			0,33																					
Stomatopodi	Stomatopoda nd																							0,33	
Tanaidacei	<i>Apseudes spinosus</i>	HP																						0,33	
	<i>Leptognathia</i> sp																								
<b>Echinodermi</b>																									
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB	0,33							0,33															0,33
Ofiurioidi	<i>Amphiura chiajei</i>	VTC					0,67									0,67	0,33								
	<i>Ophiotrix fragilis</i>	Lre						0,33																	
	<i>Ophiura albida</i>	DC							0,33																
<b>Molluschi</b>																									
Bivalvi	<i>Abra nitida</i>	VTC																					0,33		
	<i>Abra prismatica</i>	DC																						0,33	
	<i>Aequipecten opercularis</i>	DC						0,67																	
	<i>Anomia ephippium</i>	Lre	1,00			0,67	33,00	4,67								5,33	0,33								
	<i>Atrina fragilis</i>	VTC						0,33																	
	<i>Hemilepton nitidum</i>	C											0,33												
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd					1,33	1,33								0,33									
	<i>Kellia suborbicularis</i>	DC																							0,33
	<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC														0,33									



Tab. 2-XXXV – 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 futura 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
<b>Molluschi</b>																									
	<i>Modiolarca subpicta</i>	AP			0,33	0,67										0,33			0,33						
	<i>Modiolula phaseolina</i>	DC				4,67	3,67									1,00									
	<i>Musculista senhousia</i>	Lre				0,33																			
	<i>Neopycnodonte cochlear</i>	Sd				4,67	34,67									2,00	3,00								
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim																	0,33				0,33		
	<i>Phaxas adriaticus</i>	Sab																	0,33						
	<i>Pteria hirundo</i>	Mixt						0,33								0,33									
	<i>Saccella commutata</i>	Mixt	0,33																0,33						
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim						0,33																	
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim		0,33		0,33			0,33		0,33														
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre	0,67	0,33	0,33	0,33	2,00	1,00	0,33							0,33	1,67	2,33	0,33					0,33	
	<i>Venerupis aurea</i>	SVMC	0,33																						
Caudofoveati	<i>Falcidens guttuosus</i>	Lim	0,33		0,67		0,33																		
Gasteropodi	<i>Acteon tornatilis</i>	SFBC																	0,33						
	<i>Bela brachystoma</i>	Lre					0,33									0,33									
	<i>Bittium latreillii</i>	Sd					9,33	6,67	0,67							3,33									
	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC		0,67		0,67	1,00			0,67	0,33		0,33			0,67		0,67	0,67		0,33	1,00			0,33
	<i>Mangelia coarctata</i>	Sm														0,33		0,33							
	<i>Polinices nitida</i>	Sab						0,67																	
	<i>Turritella communis</i>	VTC	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33				0,33	0,67		0,33	1,00	0,67				0,33	
<b>Nemertini</b>																									
	Nemertea nd		0,33	1,00	0,33	1,33	2,33	1,00	1,00	1,33	0,33	0,67	0,33	1,67	1,33	1,00	1,33	2,67	1,00	1,00	0,33	1,00		0,33	0,33
<b>Platelminti</b>																									
	Platelminta nd					0,67																			
<b>Policheti</b>																									
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,67	1,33			1,00		2,67	0,67	0,33		0,67	1,00	1,33	0,33	1,00	0,67	1,00	0,67	1,67		1,00	0,33	
	Ampharetidae nd		0,33	1,00	0,67	1,00		1,33		0,67			1,67	0,33	0,67	0,33	0,33	0,33	1,00	1,33	4,67		0,33	2,67	1,33
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB	0,67										0,67												
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	0,67	2,33	3,33	3,67	2,00		1,00	4,00	1,67	2,00	2,67	3,00	2,67	1,00	2,33	1,67	3,00	2,33	2,67	4,33	0,67	2,33	4,33
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,33			0,67			0,67	0,33	0,33	1,00	0,67	0,33		0,67	0,33	0,33	1,33	2,67	2,00	1,33	1,00	0,33	0,67
	<i>Aponuphis brementi</i>	Lim			1,00	0,33	0,33		0,33					0,33				0,67							0,67
	<i>Boccardia sp</i>					0,33																			
	<i>Capitella capitata</i>	MO					1,67		0,67							1,00	1,33	0,67							
	Capitellidae nd			0,33												1,00		1,00							
	Chaetopteridae nd					0,33		0,33	0,33			0,33				0,33		0,33							
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,33	0,67	0,33	0,33	0,67	0,33	1,00				0,33	0,33		0,67	0,67		0,67	0,67					0,33
	<i>Chirimia biceps</i>	MO				0,33																			
	Cirratulidae nd				0,67			0,33		0,33	1,33	0,33	1,33	1,00		0,67	0,33		0,33	0,33		0,33		0,33	
	<i>Ditrupa arietina</i>	MI		0,67				0,33	0,67	0,33				0,33		0,33			0,67		0,33			0,67	
	<i>Dorvillea rudolphii</i>	HP			0,33		0,33	0,33																	
	<i>Drilonereis filum</i>	Lim				0,33												0,33	0,33						

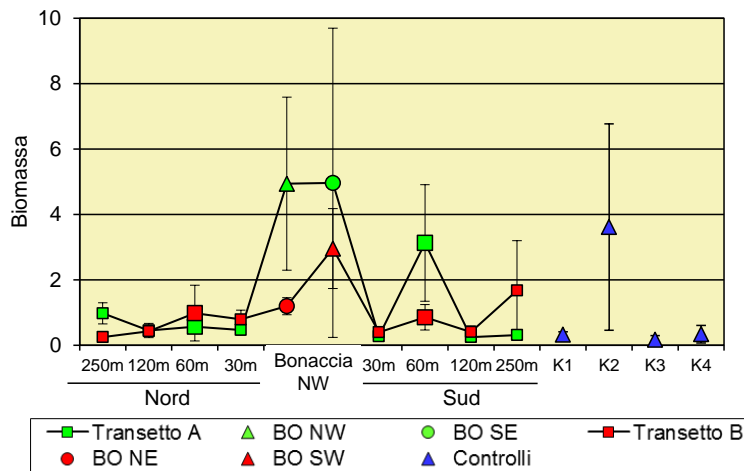
Tab. 2-XXXV – Continuo.

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 futura 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
<b>Policheti</b>																									
<i>Euclymene oerstedii</i>	SFBC																						0,67		
<i>Eupanthalis kinbergi</i>	DE																				0,33				
<i>Filograna</i> sp							7,67																		
<i>Glycera alba</i>	Lim		0,33	0,33	0,33	1,67		0,33	0,33				0,33			0,33			0,67					0,67	
<i>Glycera rouxii</i>	MO	1,00	0,67		0,33		0,33	0,33					0,33		0,33		1,00	1,33	1,00					0,67	0,33
<i>Glycera</i> sp		1,33	1,33	1,33	0,67	2,33	1,33	1,00	0,33	0,67	0,33	1,33	2,00	0,67	1,00	3,00	1,00	0,67	1,67	0,67	0,67	0,67	1,33	0,67	
<i>Glycera tessellata</i>	Sd	0,67	0,67	0,33	0,67	1,33		0,33	0,67			0,33	0,33	1,00	0,33	1,67		0,67				0,67	0,67	0,33	
<i>Glycinde nordmanni</i>	MO																			0,33					
<i>Goniada maculata</i>	VTC							0,33									0,33							0,33	
<i>Harmothoe antilopes</i>	Mixt			0,33																					
<i>Harmothoe</i> sp			0,67	0,33		0,33	3,00								0,33	1,33	0,67	0,33	0,33	0,67	0,67				
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd			0,33		5,00	0,67										0,67		0,33	0,33	0,33				
<i>Inermonephtys inermis</i>	Mixt		0,33															0,33							
<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC								0,33				0,33				0,67		0,33						
<i>Levinsenia oculata</i>	MO		0,33																						
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab				0,33				0,33				0,33					0,33	0,33	0,33			0,33		
<i>Magelona alleni</i>	VTC			0,33		0,33																			
<i>Maldanidae</i> nd				0,33	0,33								0,33			0,33		0,33	0,33				0,33		
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	0,67	0,33	1,00	1,00	1,00		0,33	0,67	1,00	0,67	2,00	1,00	0,33	1,33	1,33	0,67	0,67	0,67	1,67	1,00	1,33	0,67	0,33	1,00
<i>Melinna palmata</i>	Minut		0,33	0,33		0,67	0,33	1,67								0,33	0,33		0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	Sab toll					0,67										0,33									
<i>Minuspio cirrifera</i>	MO		1,00									0,33					1,33	0,67	0,67	1,00	1,33				
<i>Naineris</i> sp																					0,33				
<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC															0,33									
<i>Nephtys hystericis</i>	VTC		0,33		0,33			0,33						0,67			0,67			1,00	1,00	0,67	1,00		
Nereididae nd					0,33	0,33								0,33	0,33		0,33								
<i>Ninoe</i> sp		0,33	0,67	0,33		0,33	0,33			0,67						0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		0,33		0,33
<i>Notomastus aberans</i>	MO	0,67			0,33	1,00		0,33	1,00		0,33	1,67	1,00	0,67	0,33	0,33	2,00	1,33	1,00	1,67	3,33	0,67	0,33	1,67	
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	2,00	2,33	0,67	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	2,33	2,33	1,33	1,33	0,67	3,00	3,00	0,67	6,00	1,67	4,33	7,67	1,33	5,33	6,67	1,33
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab							0,33		0,67	0,33	0,33	0,33			0,33	0,33	0,67	0,33	1,00	1,00	0,33	0,67		0,33
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC		1,00	0,33	0,67	0,33	0,33	2,00	0,33							0,33		1,00	0,33				0,33		
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	3,67	4,33	6,00	2,67	1,33	0,67	2,00	2,00	1,33	1,67	2,00	2,00	6,00	1,67	1,67	1,33	3,33	3,67	4,33	8,00	1,67	6,00	3,33	1,00
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,67	0,67		1,00	0,33		1,00	1,00		0,33	1,33	0,33	0,67	0,33	1,00	0,33	0,67	2,67	0,33	1,00	0,33	1,00	0,67	0,33
<i>Paraonidae</i> nd		17,67	23,00	10,33	28,67	25,33	0,67	5,67	19,33	13,33	12,33	12,33	19,00	18,67	10,67	8,00	9,00	16,00	22,67	19,00	24,00	9,67	14,00	8,33	12,33
<i>Paraprianospio pinnata</i>	VTC					0,33																			
<i>Pectinaria koreni</i>	Sab					0,33																0,33			
<i>Phyllodoce</i> sp		0,33		0,33			0,67	0,33						0,33			0,33								
Phyllodocidae nd					0,67		0,33								0,33				0,33	0,33					
<i>Phylo norvegica</i>	Lim															0,33									
<i>Pilargidae</i> nd			1,67	0,33	1,33	1,00	0,33	1,33	1,00	0,33	0,67	1,67	1,00	1,33	0,67	1,67	1,00	1,00	1,33	0,67	2,00	1,33	1,33	1,00	

Tab. 2-XXXV – 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 futura 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
<b>Policheti</b>																									
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab			0,33							0,67	0,33					0,33		0,33					0,33	
<i>Pista cristata</i>	Lim																		0,33						
<i>Pista</i> sp						0,33																			
<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC							0,33												0,33					
<i>Pomatoceros triqueter</i>	Sd						0,33																		
<i>Praxillella gracilis</i>	Lim				0,33																		0,33		
<i>Prionospio ehlersi</i>	Mixt																0,33								
<i>Prionospio</i> sp			1,00		1,33	0,33		1,00				0,33				0,67	1,00	0,33		0,33		0,33		0,67	
Sabellidae nd			0,33		2,00	1,00		6,00	0,33	0,67				1,67	1,00	0,33	1,00	1,67	1,67	1,00	1,33		0,33		
<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim	0,33	0,33		0,67	0,33	0,33						0,67	1,00	0,33	0,33	1,67	0,67			0,33	0,33			
<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt	0,33	0,33	0,67	0,33																	0,33	0,33		
<i>Scoletoma</i> sp					0,33				0,33	0,67				0,33	0,33				0,67	0,33	1,00				
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre		0,33								0,33								0,33	0,67	1,67	0,67	0,67	1,00	
<i>Serpula vermicularis</i>	AP					0,67														0,67	1,67			0,67	
Serpulidae nd					0,33		0,67	0,33																	
Sphaerodoridae nd									0,33				0,67											0,33	
Spionidae nd			2,00	0,33	3,67	8,33	0,33	1,00	5,33	0,67	0,33	0,67	1,33	2,67	1,33	2,67	3,00	7,00	1,67	1,67	1,33	1,00	1,67	0,67	
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC	0,33	0,33		0,33	0,33					0,67										0,33	0,33	0,33	0,33	
Syllidae juv									0,33								0,33								
<i>Syllis parapari</i>	SFBC															0,33		0,33				0,33			
Terebellidae nd			1,33			0,33							0,33	0,33		0,33	0,33	0,33	0,33					0,33	
<i>Terebellides stroemi</i>	MO				0,33			0,33					0,67												
<b>Poriferi</b>																	0,33								
Porifera nd																									
<b>Sipunculidi</b>																									
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO	0,33	0,33							0,67							0,33	0,33		0,33				0,33	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	1,00	0,33			0,67		0,33	0,67		0,67		1,00		0,33		0,33	0,33	0,33	0,67		0,33	0,33	2,00	
<i>Phascolion strombus</i>	Lre			0,33				0,33	0,33							0,33		0,67				0,67			
Sipuncula nd		2,00	1,00	0,67	1,00	2,00	0,33	1,67	1,33	1,00	1,00	2,33	0,33	1,67	1,00	1,00	2,00	1,00	1,67	0,33	3,00	1,33	0,33	1,33	
<b>Tunicati</b>																									
Ascidieci <i>Ascidia mentula</i>	Lre																		0,33						
<b>Densità totale</b>		41,67	63,00	38,67	71,00	144,33	88,67	45,67	54,67	28,33	36,33	36,33	52,33	51,33	36,00	66,33	63,00	68,67	65,00	54,00	82,67	32,00	55,00	39,33	28,67
<b>Ricchezza specifica totale</b>		35	51	42	56	67	53	49	39	22	34	26	45	37	39	67	65	57	51	41	46	28	48	35	25

Per quanto concerne la biomassa (fig. 2.42; Tab. 2-XXXVI), anche nell'ultimo campionamento sono stati ottenuti valori modesti, con dei picchi caratterizzati da elevati errori standard e determinati da specie di grandi dimensioni rappresentati da uno o pochi individui. In particolare, la biomassa registrata in BO NW ( $4,94 \pm 2,64$  gr/0,095 m<sup>2</sup>) è stata determinata dal crostaceo decapode *Liocarcinus depurator*, quelle in A6 e K2 dal riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea* (fig. 2.43), quella in BO SE dai molluschi bivalvi *Aequipecten opercularis* e *Atrina fragilis* e quella in BO SW da *N. cochlear*.



**Fig. 2.42** – Biomassa ( $\pm$  e.s.) registrate nell'inverno 2017.



**Fig. 2.43** – Esempio di *Brissopsis atlantica mediterranea* rinvenuto nella 1° replica prelevata dal sito K2 nel 3° survey post lavori.

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

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 futura 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
<b>Briozoi</b>																								
<i>Aetea truncata</i>						*									*	*								
Briozoa nd							*					*												
<i>Schizoporella errata</i>		0,012	0,023	0,026	0,074		0,003						0,061	0,077	0,145	0,014	0,057			0,005				
<i>Scrupocellaria bertholletii</i>							0,001								0,001	0,001	0,002					0,001	0,001	
<i>Scrupocellaria scruposa</i>			0,001	*	*	0,003		*		*	*	*	*	*	*	*	0,002	*	*					
<i>Triticella flava</i>				*					*		*	*	*	*	*	*								
<b>Cnidari</b>																								
<b>Antozoi</b>																								
Actiniaria nd						0,020		0,003					0,001					0,001	0,011	*		0,001		*
Anthozoa nd		*		*			0,001			*		*	*		0,004	*	0,001	0,011	*		0,001		*	
<i>Edwardsia claparedii</i>		*													*									
<i>Epizoanthus</i> sp					0,003	0,008									0,001					0,014				
Stolonifera nd			0,002	0,005	*		0,003			*														
Idrozoi				*	*		*		*	*									*					
Hydroidea nd		0,002				0,009	*			*				*	*	0,003	0,001	0,001	*	0,002	0,012	0,001	*	
<b>Crostei</b>																								
<b>Anfipodi</b>																								
<i>Ampelisca diadema</i>				0,001	0,001	*										*	*			0,001		*		
<i>Corophium</i> sp		*			*											*	*							
<i>Eriopisa elongata</i>												0,001			*			*				*		
<i>Eusirus longipes</i>																	0,003							
<i>Harpinia dellavallei</i>												*							*	*				*
<i>Jassa marmorata</i>																				*				*
<i>Leucothoe incisa</i>				*										*										
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>																								
<i>Liljeborgia psaltrica</i>																	0,001							
<i>Orchomene grimaldii</i>			0,001	*	0,007					*			0,002	0,001	*	0,005	*							
<i>Othomaera schmidii</i>		0,003		*	0,002			0,001	*	*		*	*	*	*		0,001	*	*	*				0,001
<i>Paraphoxus oculatus</i>		*		*	*			*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*				
<i>Photis longicaudata</i>															*			*	*	*				
<i>Phtisica marina</i>															*					*				
<i>Pseudolyrius kroyerii</i>																				*		*		
<i>Urothoe</i> sp									*	*										*		*		*
<b>Cumacei</b>																				*		*		*
Cumacea nd		*		*										*			*			*		*		*
<i>Eudorella nana</i>														*						*		*		*
<i>Eudorella truncatula</i>									*	*				*						*		*		*
<b>Decapodi</b>																				*				
<i>Alpheus glaber</i>		0,245	0,081		0,046	0,027	0,070		0,043						0,069	0,113		0,144	0,054			0,017		0,005
<i>Alpheus macrocheles</i>						0,027							0,005											
<i>Anapagurus</i> sp				0,001		0,016																		
<i>Athanas nitescens</i>			0,011											0,005										
<i>Callinassa subterranea</i>	0,003	0,043	0,001	0,034	0,009		*	0,047	0,015	0,009	0,005	0,005	0,005	0,023	0,028	0,015	0,016	0,018	0,023	0,012	0,025	0,010	0,009	
<i>Ebalia deshayesi</i>															0,028	0,033								
<i>Eurynome aspera</i>						0,036																		
<i>Galathea intermedia</i>						0,018									0,009									
<i>Galathea</i> sp						0,016																	0,001	
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,004		0,124	0,220	1,153	0,004	0,049	0,496	0,007	0,032	0,031	0,140	0,809	0,405	0,300	0,883	0,062	0,210	0,065	0,027	0,013	0,006	0,267	
<b>Crostei</b>																								
<i>Liocarcinus depurator</i>					2,981	0,016																		
<i>Liocarcinus maculatus</i>															0,019	0,002								
<i>Macropodia lineasi</i>						0,015																		
<i>Monadaeus couchi</i>					0,004	0,027											0,002							
Paguridae nd																0,001	0,001							
<i>Pagurus cuanensis</i>															0,074									
<i>Processa</i> sp					0,001							0,004				0,005								
<i>Upogebia deltaura</i>			0,019		0,008	0,024	0,008		*	*							0,004							
<b>Isopodi</b>																				*				
<i>Eurydice</i> sp	0,018																			*				
<i>Gnathia</i> sp	*			*									*							*				

Tab. 2-XXXVI – continuo.

Stazione	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 futura 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
<b>Crostacei</b>																								
Misidiacei															*									
Ostracodi		*																						
Stomatopodi																								
Tanaidacei																							0,002	
<i>Apseudes spinosus</i>																							*	
<i>Leptognathia sp</i>																			*	*				
<b>Echinodermi</b>																								
Echinoidei	0,481							2,053																2,770
Ofiurioidi					0,005											0,015	*							
<i>Amphiura chiajei</i>						0,005											*							
<i>Ophiotrix fragilis</i>							*										*							
<i>Ophiura albida</i>																	*							
<b>Molluschi</b>																								
Bivalvi																					0,078			
<i>Abra nitida</i>																						0,001		
<i>Abra prismatica</i>																								
<i>Aequipecten opercularis</i>							1,206																	
<i>Anomia ephippium</i>	0,004			0,010	0,007		0,009								0,017	0,005								
<i>Atrina fragilis</i>							1,658																	
<i>Hemilepton nitidum</i>											0,001													
<i>Hiatella arctica</i>					0,001	0,003									0,003									
<i>Kellia suborbicularis</i>																		*					*	
<i>Kurtiella bidentata</i>																		*						
<i>Modiolarca subpicta</i>				0,001	0,002										0,001			*						
<i>Modiolula phaseolina</i>					0,005	0,007									*			*						
<i>Musculista senhousia</i>					*																			
<i>Neopycnodonte cochlear</i>					0,041	1,394									0,055	1,566								
<i>Nucula nitidosa</i>																		*					0,003	
<i>Phaxas adriaticus</i>																								
<i>Pteria hirundo</i>						0,036									0,185									
<i>Saccula commutata</i>	0,001																							
<i>Thyasira biplicata</i>							*																	
<i>Thyasira succisa</i>		*		*				*		*														
<i>Timoclea ovata</i>	0,001	0,001	0,011	0,009	0,002	0,019	0,013	0,105							0,002	0,035	0,010	*					*	
<i>Venerupis aurea</i>	0,001																							
Caudofoveati	*		*		*																			
<i>Falciidens gutturosus</i>																								
Gasteropodi																								
<i>Acteon tornatilis</i>					*											0,001								
<i>Bela brachystoma</i>																								
<i>Bittium latreillii</i>					0,169	0,199	0,018								0,078									
<i>Hyalia vitrea</i>		0,001		0,001	0,001			*	*		0,001				0,001		*	0,001			*	0,001		*
<i>Mangelia coarctata</i>															0,004									
<i>Polinices nitida</i>						0,034																		
<i>Turritella communis</i>	0,135	0,009	0,035	0,002	0,001	0,003	0,015		0,014						0,002	0,040		0,007	0,062	0,050			0,065	
<b>Nemertini</b>																								
Nemertea nd	*	0,001	*	*	*	0,002	0,001	*	*	*	*	0,001	*	*	0,001	0,009	0,003	0,001	*	*		*	0,006	
<b>Platelminti</b>																								
Platelminta nd					0,002																			
<b>Policheti</b>																								
<i>Ampharete acutifrons</i>	*	0,002			0,001		0,002	*	*		*	*	*	*	*	0,001	*		0,002	0,001	*	*	0,001	*
Ampharetidae nd	*	0,001	*	*		0,005		*		0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	*									0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	0,001	0,001	*	*		*	0,001	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	0,002	0,001	0,001	*	*	*	0,001	*
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aponuphis brementi</i>			0,015	0,003	*		0,006					*					*	*	*	*	*	*	0,019	
<i>Boccardia sp</i>				*																				

Tab. 2-XXXVI – 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 futura 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>Capitella capitata</i>					*		*								*	*	*							
Capitellidae nd		*													*	*	*							
Chaetopteridae nd					0,002		0,004	0,028		0,106					0,001									
<i>Chaetozone caputesocis</i>	*	0,005	0,001	0,001	0,013	*	0,002					*	0,002	0,003	0,001	0,003		0,002	0,003				0,001	
<i>Chirimia biceps</i>				0,001																				
Cirratulidae nd				0,001			*		0,013	0,020	0,025	0,001	0,038		*	*	*	*	*		*			
<i>Ditrupa arietina</i>		0,001				0,001	0,006	0,002				*			*	*	*	*	*			*		
<i>Dorvillea rudolphii</i>			*		*	*									*	*	*	*	*				*	
<i>Drilonereis filum</i>				0,001													0,003							
<i>Euclymene oerstedii</i>																				1,457		0,737		
<i>Eupanthalis kinbergi</i>							0,003																	
<i>Filograna</i> sp																								
<i>Glycera alba</i>		*	0,001	0,001	0,130			0,001	0,015			0,001			0,001			0,013					0,043	
<i>Glycera rouxii</i>	0,161	0,010		0,002		0,065	*					0,177		0,059		0,011	0,067	0,002						0,012
<i>Glycera</i> sp	0,001	0,007	*	*	0,008	0,002	*	*	0,001	*	0,001	0,001	*	0,014	0,008	*	0,017	0,001	*	*	*	*	*	*
<i>Glycera tessellata</i>	0,011	0,001	*	*	0,001		*	0,001			0,001	*	0,001	0,001	0,006		0,001		*	*	0,013	0,001	*	*
<i>Glycinde nordmanni</i>																				*				
<i>Goniada maculata</i>							0,001									0,001							*	
<i>Harmothoe antilopes</i>																								
<i>Harmothoe</i> sp		0,001	0,001		*	0,038								0,001	0,003	0,002	*	0,002	0,001	*				
<i>Hydroides norvegicus</i>					0,004	0,001										0,001		0,002	0,002	*				
<i>Inermonephtys inermis</i>		*															0,006							
<i>Labioleanira yhlani</i>									0,150			0,015		0,011		0,004		0,014						
<i>Levinsenia oculata</i>		0,001																						
<i>Lumbrineris gracilis</i>				0,003				*					*				*	*	0,001			0,001		
<i>Magelona alleni</i>			*		*																			
<i>Maldanidae</i> nd			0,145	*								*			*	*	0,006					*		
<i>Marphysa bellii</i>	0,143	0,067	0,068	0,124	0,223		0,041	0,346	0,057	0,076	0,139	0,070	0,003	0,182	0,098	0,115	0,113	0,206	0,088	0,069	0,107	0,011	0,009	0,033
<i>Melinna palmata</i>		*	0,001		0,001	0,001	0,004								*	*	*	0,001	*	0,001	0,001	0,001	*	0,002
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>					*										*	*	*	*	*	*				
<i>Minuspia cirrifera</i>		*									*									*				
<i>Naineris</i> sp																				0,001				
<i>Nephtys hombergi</i>															0,001									
<i>Nephtys hystricis</i>		0,014		0,006			0,008						0,020			0,003			0,077	0,001	0,050	0,021		
Nereididae nd				*	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*				
<i>Ninore</i> sp	*	0,005	0,005		*	0,004			0,001			*	0,002		0,004	*	0,001	0,001	0,005	*		0,001		0,002
<i>Notomastus aberans</i>	0,008			0,001	0,001		*	0,022	*	*	0,005	0,011	0,015	0,002	*	0,001	0,013	0,014	0,006	0,011	0,015	0,002	0,002	0,009
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*
<i>Ophiodromus flexuosus</i>								*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*
<i>Owenia fusiformis</i>		*	*	*	*	*	0,003	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*				*
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,003	0,008	0,004	0,010	0,003	0,001	0,002	0,002	*	0,001	0,002	*	0,007	0,002	0,002	0,003	0,005	0,003	0,002	0,009	0,002	0,006	0,002	0,001
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	0,002		*	*	*	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*	*	*	0,001	0,001	0,004	*	*	*	0,001	0,001	*
Paraonidae nd	0,002	0,004	0,001	0,003	0,007	*	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002
<i>Paraprionospio pinnata</i>					*																			0,001
<i>Pectinaria koreni</i>					0,014															*				
<i>Phyllodoce</i> sp	*		0,008			0,011	*						*			0,030			*	*				
Phyllodocidae nd				*		*								*				0,034	*	*				
<i>Phylo norvegica</i>															0,004				*	*				
Pilargidae nd		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tab. 2-XXXVI – 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 futura 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
<b>Policheti</b>																								
<i>Pilargis verrucosa</i>			*							*	*				*		*							*
<i>Pista cristata</i>																		*						
<i>Pista sp</i>					0,001																			
<i>Poecilochetus serpens</i>							*												*					
<i>Pomatoceros triqueter</i>						0,001																0,002		
<i>Praxillella gracilis</i>				0,001																				
<i>Prionospio ehlersi</i>															0,002		*		*	*				*
<i>Prionospio sp</i>		*		*	*		0,001		*		*			*		*	*		*	*		*		*
Sabellidae nd		*		*	0,001		0,026	*	*			*	*	*	0,001	0,001	*	0,001	0,001	*		*		*
<i>Scalibregma inflatum</i>	0,001	*		0,001	*	*						*	*	*	*		0,002			*	*	*		*
<i>Scoletoma impatiens</i>	*		0,001	*								*							*	*	*	*		*
<i>Scoletoma sp</i>				*				*	*			*		0,001				*	*	0,003	*	*		*
<i>Scoloplos armiger</i>		*							*			*					*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Serpula vermicularis</i>					*		*					*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*
Serpulidae nd				0,001	*	*	*	*				*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*
Sphaerodoridae nd								*				*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*
Spionidae nd		*	*	0,001	0,002	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>	*	*			0,001					0,001									*	*	*	*	*	
Syllidae juv								*							*	*	*			*		0,001		*
<i>Syllis parapari</i>															*	*	*			*				*
Terebellidae nd		0,005			*		*					0,001	0,002			0,018	0,001	*	0,001				*	
<i>Terebellides stroemi</i>				*			*					*								*				*
<b>Poriferi</b>																								
Porifera nd															0,056									
<b>Sipunculidi</b>																								
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	*	*							0,003							*	0,001	*	0,015				0,010	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,001	0,001			0,001		0,001	0,001	*			0,001	*			*	*	*	*	*	*	*	0,003	
<i>Phascolion strombus</i>			0,002			*	0,002								0,011	0,001	0,001	*	*	*	0,013	*	*	
Sipuncula nd	0,003	0,003	0,003	0,005	0,001	*	0,003	0,001	0,006	0,001	0,033	*	0,009	0,001	0,001	0,003	0,001	0,005	*	0,007	0,004	*	*	0,002
<b>Tunicati</b>																								
Asciadiacei <i>Ascidia mentula</i>																		0,147						
<b>Biomassa totale</b>	0,981	0,455	0,570	0,474	4,942	4,969	0,284	3,134	0,256	0,316	0,253	0,435	0,987	0,794	1,200	2,960	0,401	0,859	0,412	1,678	0,323	3,617	0,175	0,341



### 2.2.5.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute

Analogamente a quanto già osservato nei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2017b), anche nel 3° survey post lavori i popolamenti rinvenuti sono risultati composti per la maggior parte da organismi di fondo mobile (Tabb. 2-XXXVIIa e 2-XXXVIIb).

Sia come numero di taxa che come densità le specie limicole (Lim) hanno rappresentato il gruppo biocenotico nettamente più importante in tutte le stazioni eccetto BO NW e BO SE, seguite dagli indicatori di materia organica nel sedimento (MO). Nei due siti sopra citati i taxa di substrato duro (Sd) e/o a larga ripartizione ecologica (Lre) hanno superato e/o eguagliato per Densità e/o Ricchezza specifica le specie limicole, fatto mai accaduto nei survey condotti precedentemente. In generale, sono risultati ben rappresentati quasi ovunque anche gli organismi sabulicoli (Sab) e misticoli (Mixt).

**Tab. 2-XXXVII** – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nell’inverno 2017 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-XXXV.

	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	15	13	16	20	9	15	13	8	10	8	14	9	9	16	15	15	16	12	12	11	14	11	9
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1	3	3	2	4	2	1	3		3	2	2	1	1	7	5	5	3	2	2	3	6	1	3
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	3	3	3	3	4	7	2	1		3	2	2	2	2	4	4	3	2		4	1	2	1	
Fondi Mobili Instabili (MI)		1				1	1	1				1			1			1		1				1
Mnucoli (Mnuc)		1	1		1	1	1								1	1		1	1	1	1	1	1	1
Indicatori di Materia Organica (MO)	6	6	1	7	4	1	7	4	3	4	5	6	4	4	4	8	8	6	5	6	4	4	5	4
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)	1	1	5	3	9	9	3	1			1	2	1	3	8	5	3	2	1		1	3	2	
Larga ripartizione ecologica (Lre)	2	3	3	3	6	4	3	2		1			1	2	6	4	3	3	1	2	1	2	3	1

	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)																0,33	0,33							
Limicoli (Lim, VTC, VB)	11,33	14,67	13,33	12,33	24,00	3,67	11,00	13,00	6,67	8,67	8,67	11,33	12,00	10,67	14,33	15,33	17,67	13,67	16,67	24,33	9,00	18,67	14,33	7,00
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,33	1,67	1,00	1,00	1,67	1,00	2,00	1,00		2,00	0,67	0,67	0,33	0,33	2,33	1,67	2,67	1,00	1,33	1,33	1,00	2,67	0,33	1,00
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	1,00	1,33	1,67	1,67	5,67	6,67	0,67	1,00		1,67	0,67	0,67	0,67	0,67	2,00	3,33	1,00	1,33		1,33	0,33	1,00	0,33	
Fondi Mobili Instabili (MI)		0,67				0,33	0,67	0,33				0,33			0,33			0,67		0,33				0,67
Mnucoli (Mnuc)		0,33	0,33		0,67	0,33	1,67								0,33	0,33		0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	3,67	5,33	3,33	6,67	5,00	0,33	4,33	6,33	2,67	3,67	6,67	5,67	4,33	2,00	5,00	6,67	9,00	9,33	5,33	10,67	5,67	5,00	6,00	4,00
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)	0,67	0,67	1,67	1,67	24,00	47,00	1,33	0,67			0,33	0,67	1,00	1,00	9,67	5,33	1,33	0,67	0,33		0,67	1,33	1,00	
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1,67	1,00	1,00	1,33	35,00	8,67	1,67	0,67		0,33			0,33	1,00	7,33	3,00	3,33	1,00	0,67	2,00	0,67	1,33	1,67	0,67

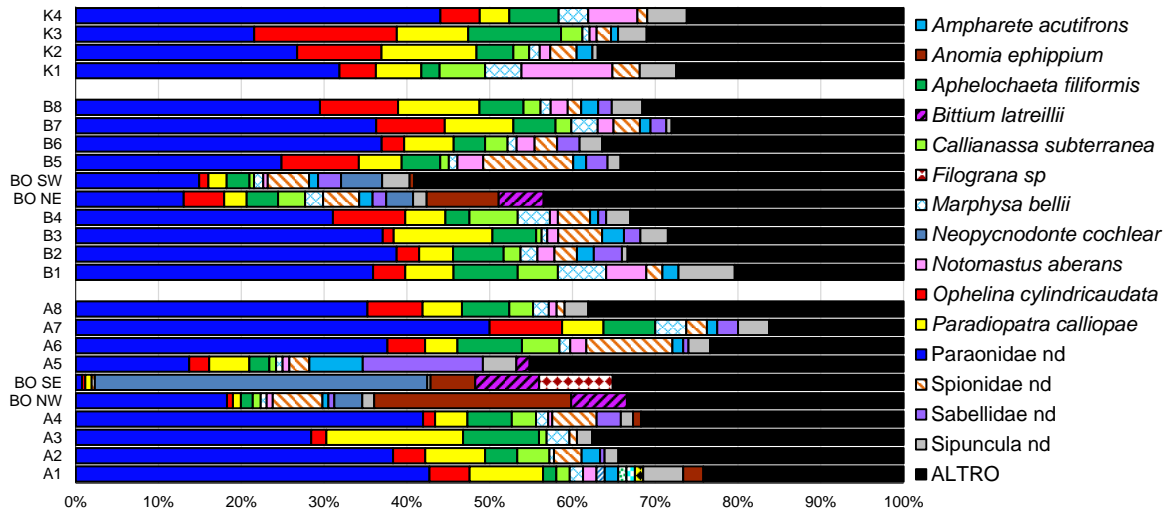
### 2.2.5.3 Dominanza

Per la rappresentazione grafica della dominanza sono stati considerati i 15 taxa che nell’inverno 2017 hanno complessivamente costituito circa il 64% delle comunità bentoniche, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 2.44).

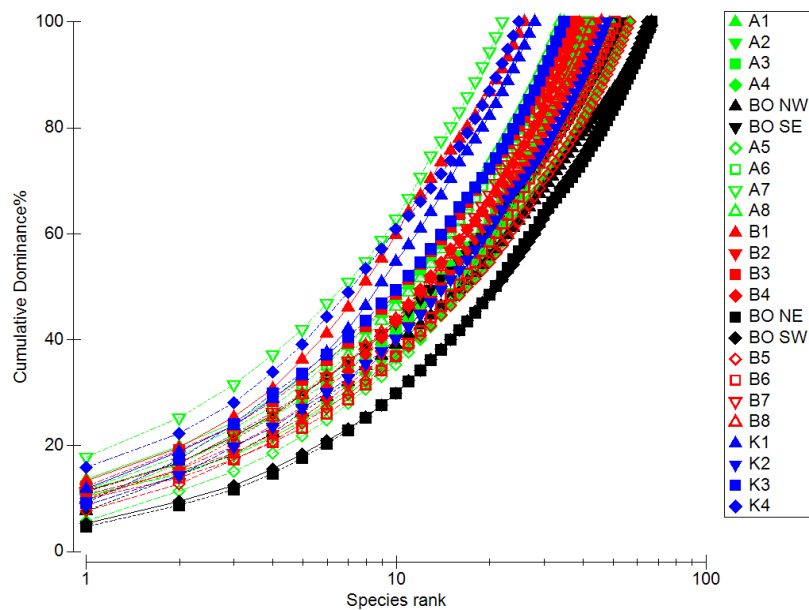
I policheti paraonidi sono risultati dominanti in quasi tutte le stazioni; solo in BO NW, BO SE e A5 dove sono stati superati rispettivamente da *A. ehippium* (22,86%), *N. cochlear* (39,10%) e dai policheti sabellidi (13,14%). Altre specie particolarmente importanti in quasi tutte le stazioni sono risultate i policheti *A. filiformis*, *O. cylindricaudata* e *P. callipae*, con valori massimi rispettivamente in K3 (11,02% e 16,95%) e A3 (15,52%).

È importante notare come la categoria ‘altro’ sia risultata ben rappresentata ovunque e in

particolare nelle stazioni adiacenti alla piattaforma dove, presso BO SW, ha costituito il 56,61% della comunità bentonica rinvenuta. L'elevata importanza delle specie secondarie ovunque e soprattutto presso la struttura è evidente anche dall'andamento delle curve di dominanza cumulativa (fig. 2.45).



**Fig. 2.44** - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nell'inverno 2017.



**Fig. 2.45** - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nell'inverno 2017.

#### 2.2.5.4 Ricchezza specifica totale (S)

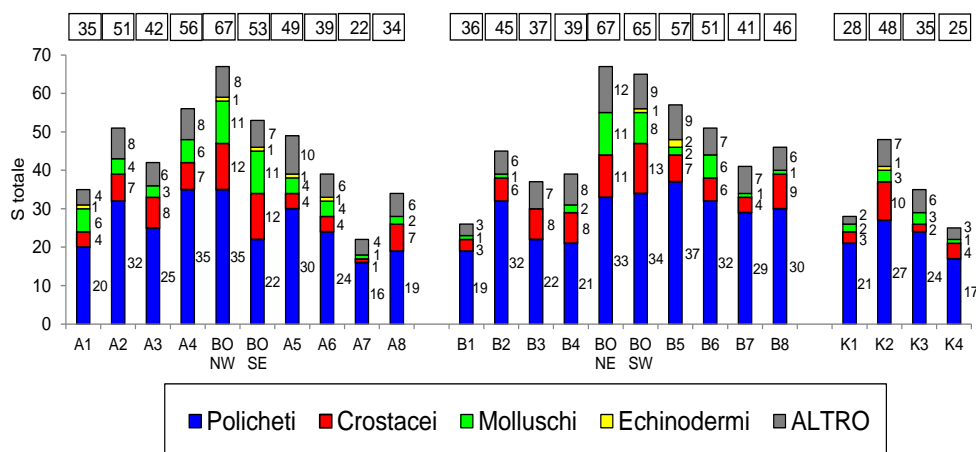
Nel 3° survey post lavori nell'area indagata sono stati rinvenuti complessivamente 175 taxa appartenenti soprattutto a policheti, crostacei e molluschi (Tab. 2-XXXVIII) come già osservato nei tre campionamenti precedenti, rispetto ai quali è avvenuto un notevole aumento dell'indice (Fabi *et al.*, 2017b).

**Tab. 2-XXXVIII** – Ripartizione secondo il phylum di appartenenza e totale dei taxa rinvenuti nell'inverno 2017.

Briozoi	6
Cnidari	6
Crostacei	44
Echinodermi	4
Molluschi	29
Nemertini	1
Platelminti	1
Policheti	78
Poriferi	1
Sipunculidi	4
Tunicati	1
<b>Totale</b>	<b>175</b>

Il transetto A è stato caratterizzato da un graduale aumento di S (interrotto solo in A3) sino a BO NW, dove è stato raggiunto il massimo assoluto di tutta l'area indagata (67, valore eguagliato lungo il transetto B da BO NE), a cui sono seguiti un graduale decremento sino ad A7, dove è stato registrato il minimo assoluto, e un piccolo aumento in corrispondenza di A8 (22; fig. 2.46). Un trend simile è stato osservato lungo il transetto B.

Ai controlli il range è risultato compreso tra 25 (K4) e 48 (K2) e pertanto numerose stazioni dei transetti hanno presentato valori di Ricchezza specifica totale superiori, soprattutto quelle poste entro 30 m dalla piattaforma.



**Fig. 2.46** - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'inverno 2017. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

Rispetto al survey precedente (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuto un notevole aumento generalizzato che non ha interessato solo i siti A6, A7, B1, K1, K3 e K4 caratterizzati da una riduzione.

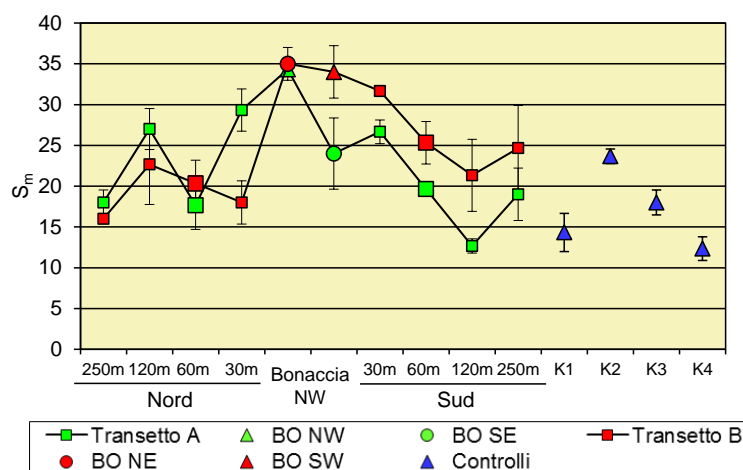
Il più alto numero di specie esclusive, ovvero censite in una sola stazione, è stato raggiunto in BO SE e BO NE (8, corrispondenti rispettivamente a circa il 15% e al 12% del

popolamento rinvenuto). Nessuna specie esclusiva è stata osservata in A6, A7, B1, B4, B5, B7 e K4 (Tab. 2-XXXV).

### 2.2.5.5 Ricchezza specifica media ( $S_m$ )

Analogamente ai survey precedenti (Fabi *et al.*, 2017b), anche nel 3° post lavori  $S_m$  ha presentato lo stesso trend osservato per la Densità e la Ricchezza specifica totale (fig. 2.47). Lungo il transetto A minimo e massimo sono stati osservati rispettivamente in A7 (12,67±0,88) e BO NW (34,33±0,88) e lungo B in B4 (18,00±2,65) e BO SW (34,00±3,21). Ai controlli  $S_m$  è oscillata tra 12,33±1,45 (K4) e 23,67±0,88 (K2) e, pertanto, molte stazioni situate entro i 30 m dalla piattaforma hanno presentato valori di Ricchezza specifica media superiori.

Rispetto all'estate 2016 (Fabi *et al.*, 2017b) i cambiamenti sono stati i medesimi della Ricchezza specifica totale.



**Fig. 2.47** - Ricchezza specifica media ( $\pm$  e.s.) registrata nei quattro survey condotti sinora. Nel durante lavori la stazione BO NE non è stata campionata.

### 2.2.5.6 Diversità specifica ( $H'$ )

Anche gli andamenti di  $H'$  sono apparsi simili a quelli degli indici precedenti (fig. 2.48). Tuttavia, lungo A il valore massimo è stato registrato in A5 (3,04±0,14) per la presenza di un numero molto elevato di specie secondarie, mentre il minimo è stato nuovamente ottenuto in A7 (1,93±0,05). Lungo B minimo e massimo sono stati registrati rispettivamente B1 (2,33±0,05) e in BO NE (3,27±0,04) e i valori sono apparsi più elevati rispetto ad A in corrispondenza della piattaforma e nel sito a 120 m a Sud a causa della forte dominanza in BO NW e BO SE di *A. ephippium* e *N. cochlear* e, in A7, del maggior

contributo dei policheti paraonidi e della Ricchezza specifica totale decisamente inferiore rispetto a B7.

Ai controlli la Diversità specifica è risultata compresa tra  $1,95 \pm 0,08$  (K4) e  $2,66 \pm 0,08$  (K2), comprendendo quindi tutti i valori ottenuti nell'area circostante Bonaccia NW ad eccezione di A5, BO NE, BO SW e B5 risultati superiori.

Rispetto all'estate 2016 (Fabi *et al.*, 2017b) è soprattutto da segnalare l'incremento nei siti della piattaforma posizionati lungo il transetto B e in quelli a 30 m a Sud.

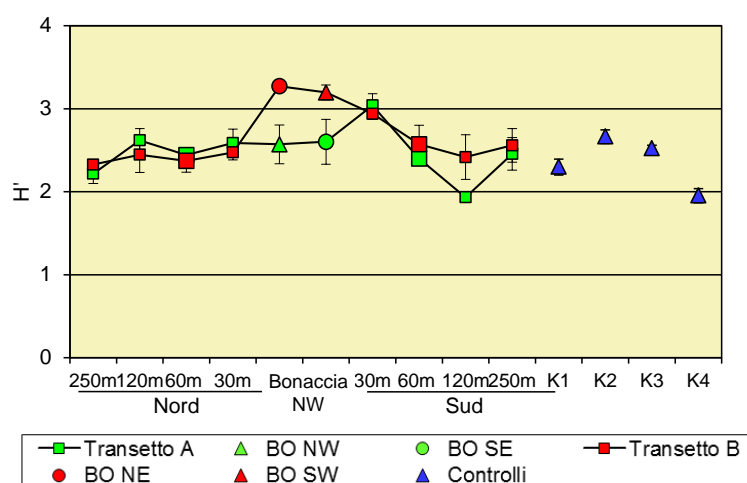
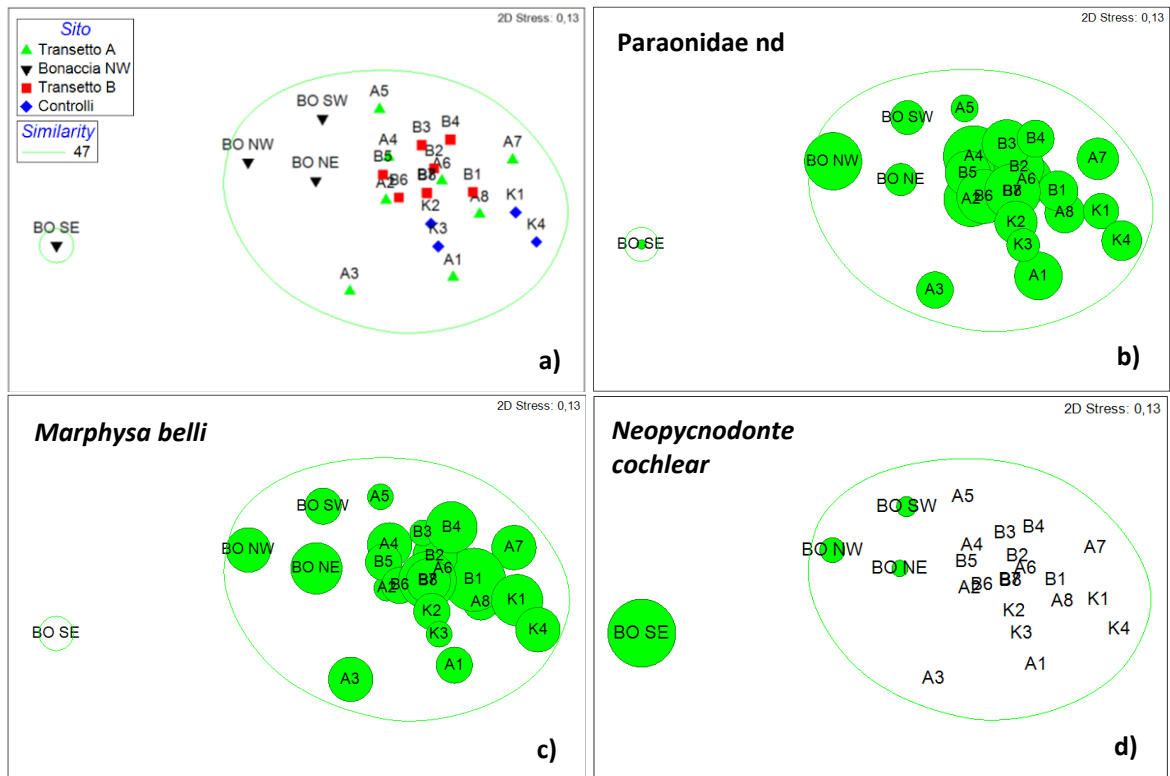


Fig. 2.48 - Diversità specifica ( $\pm$  e.s.) registrata nell'intero periodo di indagine.

### 2.2.5.7 MultiDimensional Scaling (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità dei singoli taxa campionati nell'inverno 2017 ha evidenziato, con una similarità del 47%, la presenza di un cluster principale comprendente tutte le stazioni campionate, ad eccezione di BO SE che ha costituito un cluster separato (fig. 2.49a).

Tale isolamento è correlato alla notevole diversità della comunità bentonica associata a questo sito derivata dal basso quantitativo o dall'assenza di alcuni taxa principali che hanno caratterizzato le altre stazioni, quali i policheti paraonidi, *Marphysa belli* (figg. 2.49b e 2.49c) e *A. filiformis*, e della presenza di numerose specie esclusive come i policheti *Filograna* sp. e *Pomatoceros triqueter*, i crostacei *Macropodia rostrata* ed *Eurynome aspera*, la stella di mare *Ophiotrix fragilis*, il gasteropode *Polinices nitida* e i bivalvi *Aequipecten opercularis* e *A. fragilis*. Anche l'elevata quantità del bivalve *N. cochlear* (fig. 2.49d) ha contribuito notevolmente all'isolamento di BO SE dai restanti siti.



**Fig. 2.49** – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell’inverno 2017 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 3° survey post lavori l’indice W di Clarke ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato sia nell’area intorno alla piattaforma, con valori compresi tra 0,324 (A5) e 0,492 (A6 e B4), sia ai controlli, dove l’indice è oscillato tra 0,323 (K3) e 0,512 (K2; Tab. 2-XXXIX). Questi risultati indicano un miglioramento in molte stazioni, soprattutto del transetto A, che nell’estate 2016 erano state classificate come moderatamente disturbate, e il ripristino, per la prima volta, delle condizioni osservate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b).

#### Indice AMBI

Anche l’indice AMBI (Tab. 2-XL) ha evidenziato un ambiente leggermente disturbato ovunque eccetto in BO NW, BO SE e il controllo K2 risultati non disturbati. Le specie afferenti al II gruppo ecologico (indifferenti all’arricchimento organico) hanno prevalso in quasi tutti i siti, seguite dalle specie del I gruppo considerate come sensibili (ad eccezione di BO NW, BO SE, A5, BO NE e del controllo K3 dove la situazione è risultata invertita) e

dalle specie tolleranti (III gruppo). Le specie opportuniste di II e I ordine (IV e V gruppo) sono risultate poco rilevanti ovunque. La presenza di un ambiente leggermente o non disturbato è stata rilevata in tutti survey (Fabi *et al.*, 2017b).

**Tab. 2-XXXIX** – Valori dell’indice W di Clarke ottenuti nel 3° survey post lavori.

Stazione	W	Classificazione ambientale
A1	0,463	Leggermente disturbato
A2	0,364	Leggermente disturbato
A3	0,380	Leggermente disturbato
A4	0,364	Leggermente disturbato
BO NW	0,397	Leggermente disturbato
BO SE	0,346	Leggermente disturbato
A5	0,324	Leggermente disturbato
A6	0,492	Leggermente disturbato
A7	0,385	Leggermente disturbato
A8	0,433	Leggermente disturbato
B1	0,358	Leggermente disturbato
B2	0,445	Leggermente disturbato
B3	0,412	Leggermente disturbato
B4	0,492	Leggermente disturbato
BO NE	0,415	Leggermente disturbato
BO SW	0,459	Leggermente disturbato
B5	0,341	Leggermente disturbato
B6	0,401	Leggermente disturbato
B7	0,399	Leggermente disturbato
B8	0,430	Leggermente disturbato
K1	0,412	Leggermente disturbato
K2	0,512	Leggermente disturbato
K3	0,323	Leggermente disturbato
K4	0,412	Leggermente disturbato

### Indice BENTIX

L’indice BENTIX (Tab. 2-XLI) ha evidenziato una situazione peggiore rispetto a W e AMBI per alcuni siti (A2, A4, A6-A8, B1, B2, B6, B7 e K4), classificati come moderatamente impattati. Tutte le altre stazioni (eccetto BO SE non disturbata) sono state classificate come leggermente disturbate analogamente agli altri indici. Anche precedentemente il disturbo era oscillato, a seconda dei siti, tra leggero e moderato (Fabi *et al.*, 2017b).

### Stato ecologico

In Tab. 2-XLII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni campionate nell’inverno 2017 e derivato dalla combinazione dei tre indici; esso è risultato simile a quello riscontrato nel survey precedente e compreso tra buono e buono/moderato sia nell’area circostante Bonaccia NW, con il transetto B leggermente migliore di A, sia ai controlli. La stazione BO SE ha costituito un’eccezione essendo il suo stato compreso tra alto e buono.

**Tab. 2-XL** – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato nel 3° 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	32,00	57,60	8,80	1,60	0	1,20	Leggermente disturbato
A2	23,80	56,20	16,20	3,20	0,50	1,51	Leggermente disturbato
A3	34,80	49,60	13,00	2,60	0	1,25	Leggermente disturbato
A4	22,10	56,90	18,10	2,90	0	1,53	Leggermente disturbato
BO NW	49,50	31,60	15,30	2,30	1,20	1,11	Non disturbato
BO SE	84,40	11,70	3,10	0,80	0	0,31	Non disturbato
A5	41,70	39,40	12,90	4,50	1,50	1,27	Leggermente disturbato
A6	23,30	49,10	26,40	1,20	0	1,58	Leggermente disturbato
A7	28,20	58,80	9,40	3,50	0	1,32	Leggermente disturbato
A8	31,50	44,40	17,60	6,50	0	1,49	Leggermente disturbato
B1	24,30	52,30	19,60	3,70	0	1,54	Leggermente disturbato
B2	21,90	56,80	16,80	4,50	0	1,56	Leggermente disturbato
B3	24,30	57,20	15,80	2,60	0	1,45	Leggermente disturbato
B4	34,00	49,50	16,50	0	0	1,24	Leggermente disturbato
BO NE	44,80	33,90	15,10	3,10	3,10	1,29	Leggermente disturbato
BO SW	34,10	42,90	15,40	5,50	2,20	1,48	Leggermente disturbato
B5	31,70	42,00	21,50	2,40	2,40	1,53	Leggermente disturbato
B6	26,30	53,60	14,90	5,20	0	1,49	Leggermente disturbato
B7	27,50	53,70	15,00	3,80	0	1,43	Leggermente disturbato
B8	38,20	41,50	15,90	4,50	0	1,30	Leggermente disturbato
K1	22,90	44,80	27,10	5,20	0	1,72	Leggermente disturbato
K2	39,30	44,20	14,10	2,50	0	1,20	Non disturbato
K3	42,40	32,20	21,20	3,40	0,80	1,32	Leggermente disturbato
K4	26,20	54,80	17,90	1,20	0	1,41	Leggermente disturbato

**Tab. 2-XLI** – Risultati dell’indice BENTIX e relativa classificazione ambientale (3° survey post lavori).

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
A1	3,60	Leggermente disturbato
A2	3,38	Moderatamente disturbato
A3	4,16	Leggermente disturbato
A4	3,22	Moderatamente disturbato
BO NW	4,42	Leggermente disturbato
BO SE	5,55	Non disturbato
A5	4,06	Leggermente disturbato
A6	3,16	Moderatamente disturbato
A7	3,41	Moderatamente disturbato
A8	3,45	Moderatamente disturbato
B1	3,45	Moderatamente disturbato
B2	3,22	Moderatamente disturbato
B3	3,50	Leggermente disturbato
B4	3,98	Leggermente disturbato
BO NE	4,36	Leggermente disturbato
BO SW	3,96	Leggermente disturbato
B5	3,53	Leggermente disturbato
B6	3,32	Moderatamente disturbato
B7	3,47	Moderatamente disturbato
B8	3,63	Leggermente disturbato
K1	3,54	Leggermente disturbato
K2	3,73	Leggermente disturbato
K3	3,86	Leggermente disturbato
K4	3,21	Moderatamente disturbato



**Tab. 2-XLII** - Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici relativa al 3° survey post lavori di installazione (inverno 2017).

	W	AMBI	BENTIX	
Stazione	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Stato ecologico
A1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
A2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
A4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
BO NW	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
BO SE	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
A5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
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	Moderatamente disturbato	buono/moderato
B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
B4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
BO NE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
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	Moderatamente disturbato	buono/moderato
B8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
K2	Leggermente disturbato	Non 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 2017 sono state censite complessivamente 39 specie (31 pesci, 5 crostacei e 3 molluschi). Presso la piattaforma Bonaccia NW ne sono state catturate 33 di cui 25 pesci, 3 crostacei e 5 molluschi (Tab. 2-XLIII). Nei siti di controllo sono state osservate 13 specie in C1 (10 pesci, 1 molluschi e 2 crostacei) e 11 in C2 (9 pesci e 2 crostacei; Tabb. 2-XLIV e 2-XLV).

**Tab. 2-XLIII** - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca effettuati nel 1° semestre 2017 presso la **piattaforma Bonaccia NW**.

	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)	
<b>Crostacei</b>															
<i>Nephrops norvegicus</i>	B NA	2,47	0,22	6,86	0,75	5,52	0,41							14,85	1,38
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B NA	7,42	0,05	2,29	0,01			5,05	0,02					14,76	0,08
<i>Squilla mantis</i>	B NA	7,42	0,28	2,29	0,08									9,71	0,36
<b>Crostacei Totale</b>		<b>17,32</b>	<b>0,56</b>	<b>11,43</b>	<b>0,83</b>	<b>5,52</b>	<b>0,41</b>	<b>5,05</b>	<b>0,02</b>					<b>39,32</b>	<b>1,81</b>
<b>Molluschi</b>															
<i>Octopus vulgaris</i>	B AT	2,47	4,32											2,47	4,32
<i>Aequipecten opercularis</i>	B NA			2,29	0,07									2,29	0,07
<i>Cassidaria echinophora</i>	B NA	2,47	0,19											2,47	0,19
<i>Eledone cirrhosa</i>	B PA									18,00	9,49			18,00	9,49
<i>Illex coindetii</i>	P NA			2,29	0,21									2,29	0,21
<b>Molluschi Totale</b>		<b>4,95</b>	<b>4,51</b>	<b>4,57</b>	<b>0,27</b>					<b>18,00</b>	<b>9,49</b>			<b>27,52</b>	<b>14,27</b>
<b>Pesci</b>															
<i>Mullus surmuletus</i>	B AT	2,47	0,10	2,29	0,18									4,76	0,27
<i>Scorpaena notata</i>	B AT	7,42	0,29			5,52	0,25			9,00	0,39			21,94	0,92
<i>Scorpaena porcus</i>	B AT	2,47	0,43					5,05	0,47	15,00	1,91			22,53	2,80
<i>Scorpaena scrofa</i>	B AT	2,47	0,62	2,29	0,70									4,76	1,32
<i>Lophius budegassa</i>	B NA	7,42	12,29	2,29	0,13			2,53	2,30	3,00	4,74			15,23	19,46
<i>Mullus barbatus</i>	B NA	2,47	0,07											2,47	0,07
<i>Phycis blennoides</i>	B NA	2,47	0,26							9,00	3,21			11,47	3,47
<i>Raja asterias</i>	B NA			2,29	1,40									2,29	1,40
<i>Raja miraletus</i>	B NA											3,00	0,95	3,00	0,95
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	B NA											3,00	2,74	3,00	2,74
<i>Torpedo marmorata</i>	B NA					2,76	0,77							2,76	0,77
<i>Spondilyosoma cantharus</i>	NB AT	2,47	0,64											2,47	0,64
<i>Merluccius merluccius</i>	NB NA	4,95	1,36	9,14	4,94	5,52	2,23	7,58	2,93	6,00	3,03	15,00	5,62	48,19	20,12
<i>Pagellus acarne</i>	NB NA	2,47	0,16									6,00	0,35	8,47	0,50
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB PA											9,00	1,83	9,00	1,83
<i>Serranus hepatus</i>	NB PA									3,00	0,11			3,00	0,11
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB PA	12,37	0,41			5,52	0,17					6,00	0,25	23,89	0,83
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P NA	12,37	0,13											12,37	0,13
<i>Boops boops</i>	P PA	170,72	10,18	354,29	22,13	35,86	3,12	5,05	0,26	18,00	1,19	15,00	1,03	598,92	37,90
<i>Scomber japonicus</i>	P PA			13,71	2,75	13,79	3,46					12,00	1,68	39,51	7,89
<i>Scomber scombrus</i>	P PA			4,57	0,56									4,57	0,56
<i>Spicara maena</i>	P PA	7,42	0,23											7,42	0,23
<i>Trachurus mediterraneus</i>	P PA	14,85	1,20			8,28	0,84							23,12	2,04
<i>Trachurus picturatus</i>	P PA	108,87	15,14	2,29	0,27	82,76	14,90	17,68	3,02	57,00	9,32	15,00	2,39	283,59	45,03
<i>Trachurus trachurus</i>	P PA	81,65	5,23	150,86	9,79	2,76	0,14	7,58	0,47	12,00	1,16	6,00	0,38	260,84	17,17
<b>Pesci Totale</b>		<b>445,36</b>	<b>48,74</b>	<b>544,00</b>	<b>42,85</b>	<b>162,76</b>	<b>25,87</b>	<b>45,47</b>	<b>9,45</b>	<b>132,00</b>	<b>25,05</b>	<b>90,00</b>	<b>17,21</b>	<b>1419,59</b>	<b>169,17</b>
<b>Totale complessivo</b>		<b>467,63</b>	<b>53,80</b>	<b>560,00</b>	<b>43,95</b>	<b>168,28</b>	<b>26,28</b>	<b>50,53</b>	<b>9,47</b>	<b>150,00</b>	<b>34,54</b>	<b>90,00</b>	<b>17,21</b>	<b>1486,43</b>	<b>185,25</b>

Esclusivamente nella zona circostante la piattaforma sono state catturate 22 specie di cui 1 crostaceo NA (*Nephrops norvegicus*), 4 molluschi (1 AT *Octopus vulgaris*, 1 PA *Eledone cirrhosa* e 2 NA *Aequipecten opercularis* e *Illex coindetii*), e 17 specie ittiche. Di queste, 4 erano AT (*Mullus surmuletus*, *Scorpaena scrofa*, *Scorpaena porcus* e *Spondilyosoma cantharus*), 7 PA (*Boops boops*, *Scomber japonicus*, *Serranus hepatus*, *Scomber scombrus*, *Spicara maena*, *Trachurus mediterraneus* e *Trachurus picturatus*) e 6 NA (*Phycis blennoides*, *Raja asterias*, *Raja miraletus*, *Scyliorhinus stellaris*, *Torpedo marmorata* e

*Pagellus acarne*). Inoltre, Bonaccia NW è stata caratterizzata da consistenti catture di *Merluccius merluccius*, *Boops boops*, *Trachurus picturatus* e *Trachurus trachurus*.

I pesci *Citharus linguatula* (NA) e *Pagellus bogaraveo* (PA) sono stati campionati esclusivamente in C1, mentre i pesci NA *Uranoscopus scaber* e *Solea solea* sono stati rinvenuti esclusivamente in C2.

**Tab. 2-XLIV** - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca effettuati nel 1° semestre 2017 presso il **controllo C1**.

	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)	
<b>Crostacei</b>															
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA			6,99	0,03								6,99	0,03
<i>Squilla mantis</i>	B	NA	2,35	0,06										2,35	0,06
<b>Crostacei Totale</b>			<b>2,35</b>	<b>0,06</b>	<b>6,99</b>	<b>0,03</b>								<b>9,34</b>	<b>0,09</b>
<b>Molluschi</b>															
<i>Cassidaria echinophora</i>	B	NA	2,35	0,18										2,35	0,18
<b>Molluschi Totale</b>			<b>2,35</b>	<b>0,18</b>										<b>2,35</b>	<b>0,18</b>
<b>Pesci</b>															
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA			2,33	0,12								2,33	0,12
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	B	NA							2,47	0,04				2,47	0,04
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA	2,35	0,69										2,35	0,69
<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA							9,90	3,45				9,90	3,45
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA			2,67	1,13	2,39	0,76	4,95	1,14	2,03	0,61		12,04	3,64
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA	2,35	0,08										2,35	0,08
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA	4,71	0,59										4,71	0,59
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	9,41	0,27										9,41	0,27
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	2,35	0,04										2,35	0,04
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA	2,35	0,11										2,35	0,11
<b>Pesci Totale</b>			<b>23,53</b>	<b>1,78</b>	<b>2,33</b>	<b>0,12</b>	<b>2,67</b>	<b>1,13</b>	<b>2,39</b>	<b>0,76</b>	<b>17,32</b>	<b>4,63</b>	<b>2,03</b>	<b>50,27</b>	<b>9,03</b>
<b>Totale complessivo</b>			<b>28,24</b>	<b>2,01</b>	<b>9,32</b>	<b>0,15</b>	<b>2,67</b>	<b>1,13</b>	<b>2,39</b>	<b>0,76</b>	<b>17,32</b>	<b>4,63</b>	<b>2,03</b>	<b>61,97</b>	<b>9,30</b>

**Tab. 2-XLV** - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca effettuati nel 1° semestre 2017 presso il **controllo C2**.

	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)	
<b>Crostacei</b>															
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA			9,60	0,09								9,60	0,09
<i>Squilla mantis</i>	B	NA	2,33	0,09										2,33	0,09
<b>Crostacei Totale</b>			<b>2,33</b>	<b>0,09</b>	<b>9,60</b>	<b>0,09</b>								<b>11,93</b>	<b>0,17</b>
<b>Pesci</b>															
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT					2,70	0,15	2,33	0,09				5,03	0,24
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	B	NA	2,33	0,03			2,70	0,05						5,03	0,08
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA			2,40	0,96								2,40	0,96
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA					2,70	0,08			2,40	0,12		5,10	0,19
<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA	6,99	1,85					2,33	0,93			3,81	13,13	3,44
<i>Solea solea</i>	B	NA			2,40	0,37								2,40	0,37
<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA			2,40	0,25								2,40	0,25
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	2,33	0,88					2,33	0,02	4,80	2,40		9,46	3,30
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	2,33	0,06	2,40	0,08								4,73	0,14
<b>Pesci Totale</b>			<b>13,98</b>	<b>2,81</b>	<b>9,60</b>	<b>1,67</b>	<b>8,09</b>	<b>0,28</b>	<b>6,99</b>	<b>1,04</b>	<b>7,20</b>	<b>2,52</b>	<b>3,81</b>	<b>49,67</b>	<b>8,98</b>
<b>Totale complessivo</b>			<b>16,31</b>	<b>2,90</b>	<b>19,20</b>	<b>1,75</b>	<b>8,09</b>	<b>0,28</b>	<b>6,99</b>	<b>1,04</b>	<b>7,20</b>	<b>2,52</b>	<b>3,81</b>	<b>61,60</b>	<b>9,15</b>

La Ricchezza specifica media relativa all'intero semestre è risultata significativamente superiore in piattaforma rispetto ai controlli che sono apparsi invece confrontabili (Tabb. 2-XLVI e 2-XLVII), analogamente al 1° anno di indagine (Fabi *et al.*, 2017b). In effetti, presso Bonaccia NW si sono evidenziati valori più elevati durante tutto il semestre rispetto ai controlli (fig. 2.50). L'andamento ha presentato un massimo assoluto nel mese di gennaio (22) e un decremento fino ad aprile (7), quando è stato raggiunto il minimo per questo sito, seguito da una ripresa. In C2 S è oscillata tra 1 e 5 in tutto il periodo, mentre in C1 il range è apparso più ampio, essendo compreso tra 1 e 8; i massimi per entrambi

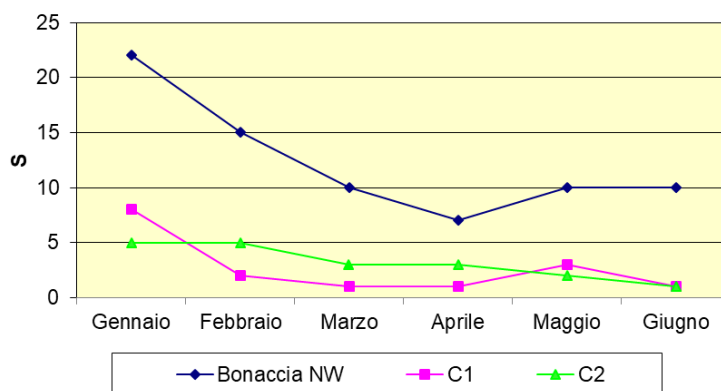
controlli sono stati registrati a gennaio.

**Tab. 2-XLVI** – Valori medi ( $\pm$  e.s.) ottenuti per i vari indici nel periodo gennaio - giugno 2017 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	12,33 $\pm$ 2,20	2,67 $\pm$ 1,12	3,17 $\pm$ 0,65
N	247,74 $\pm$ 86,70	10,33 $\pm$ 4,33	10,27 $\pm$ 2,47
P	30,88 $\pm$ 6,77	1,55 $\pm$ 0,67	1,53 $\pm$ 0,43
H'	0,76 $\pm$ 0,07	0,25 $\pm$ 0,14	0,41 $\pm$ 0,10

**Tab. 2-XLVII** – Risultati del t-test applicato ai valori di Ricchezza specifica (S), diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P). \* = differenza significativa; \*\* = differenza altamente significativa.

S	Bonaccia NW	C2
C1	0,007*	0,365
C2	0,005**	
H'	Bonaccia NW	C2
C1	0,019*	0,346
C2	0,019*	
N	Bonaccia NW	C2
C1	0,002**	0,699
C2	0,002**	
P	Bonaccia NW	C2
C1	0,002**	0,818
C2	0,002**	

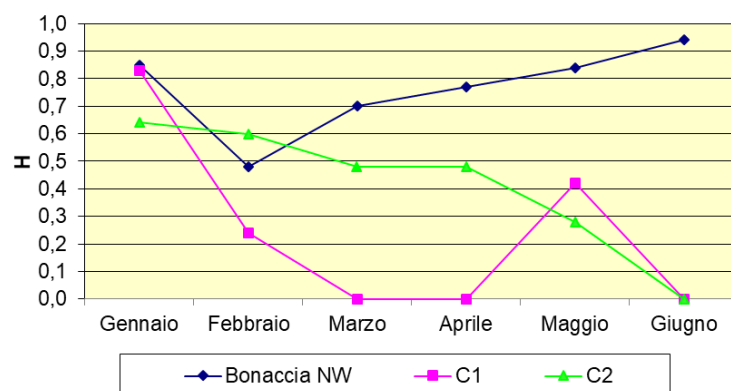


**Fig. 2.50** - Ricchezza specifica ottenuta per la piattaforma Bonaccia NW e per i due siti di controllo nel 1° semestre 2017.

Anche la Diversità specifica (H') media è apparsa significativamente superiore presso la piattaforma rispetto ai due controlli apparsi invece comparabili come nel 2016 (Tabb. 2-XLVI e 2-XLVII; Fabi *et al.*, 2017b).

Nei siti di riferimento i trend di H' sono risultati simili a quelli della Ricchezza specifica (fig. 2.51) con valori massimi a gennaio (C1: 0,85; C2: 0,64) e un decremento fino raggiungere un valore nullo nel mese di giugno quando in entrambe le aree è stata censita

una sola specie. Una situazione identica è stata registrata in C1 anche nei mesi di marzo e aprile. L'andamento presso la piattaforma è stato caratterizzato da un decremento a febbraio, quando è stato raggiunto il minimo (0,48) e da un costante incremento nei mesi successivi che ha portato a un massimo di 0,94 a giugno (0,94).

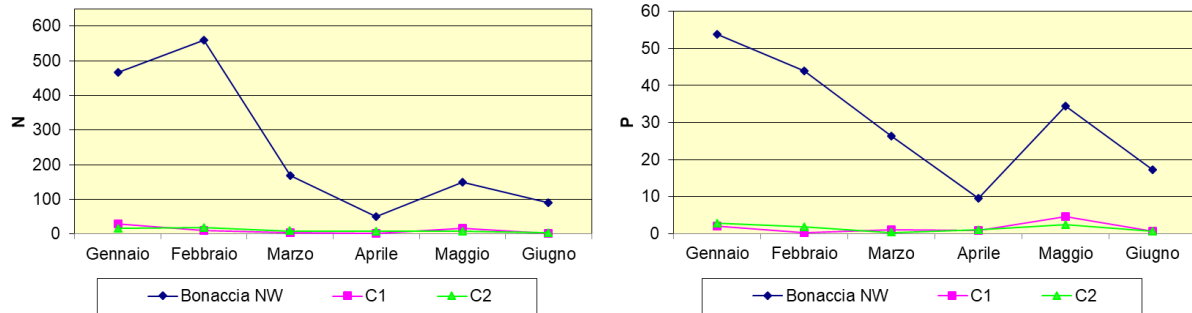


**Fig. 2.51** - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma Bonaccia NW e per i due siti di controllo nel 1° semestre 2017.

### Rendimenti di pesca e composizione delle catture

Anche nel 1° semestre 2017 (Fabi *et al.*, 2017b) i rendimenti di pesca medi calcolati sull'intero semestre sono risultati significativamente superiori nel sito di estrazione rispetto ai controlli sia in termini numerici che ponderali (Tabb. 2-XLVI e 2-XLVII). Anche i valori mensili in numero e peso ottenuti sono apparsi sempre più elevati presso la piattaforma (fig. 2.52). In questo sito, numericamente sono avvenuti un incremento a febbraio quando si è raggiunto il massimo assoluto (560,00 ind./500m/12h) e una riduzione sino ad aprile (50,33 ind./500m/12h). Sono seguiti un aumento e un riduzione, entrambi lievi. Per quanto riguarda i siti di riferimento, i trend sono apparsi simili tra loro; considerando i singoli valori le maggiori differenze si sono riscontrate a gennaio (C1: 28,24 ind./500m/12h; C2: 16,31 ind./500m/12h), febbraio (C1: 9,32 ind./500m/12h; C2: 19,20 ind./500m/12h) e maggio (C1: 17,32 ind./500m/12h; C2: 7,20 ind./500m/12h).

In peso presso la piattaforma Bonaccia NW il massimo assoluto è stato raggiunto a gennaio (53,80 kg/500m/12h); dopo una riduzione sino ad aprile (minimo assoluto per il sito: 9,47 Kg/500m/12h), anche dal punto di vista ponderale sono stati registrati un aumento a maggio e una riduzione a giugno (fig. 2.52). Gli andamenti dei due controlli sono risultati simili a quelli numerici e i valori sono sempre apparsi inferiori a 5 kg/500m/12h (fig. 2.53). Non sono state riscontrate particolari differenze né tra i due siti, né dal punto di vista temporale.



**Fig. 2.52** - 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 2017.

I pesci hanno costituito la frazione dominante delle catture sia in termini numerici che ponderali (fig. 2.53).

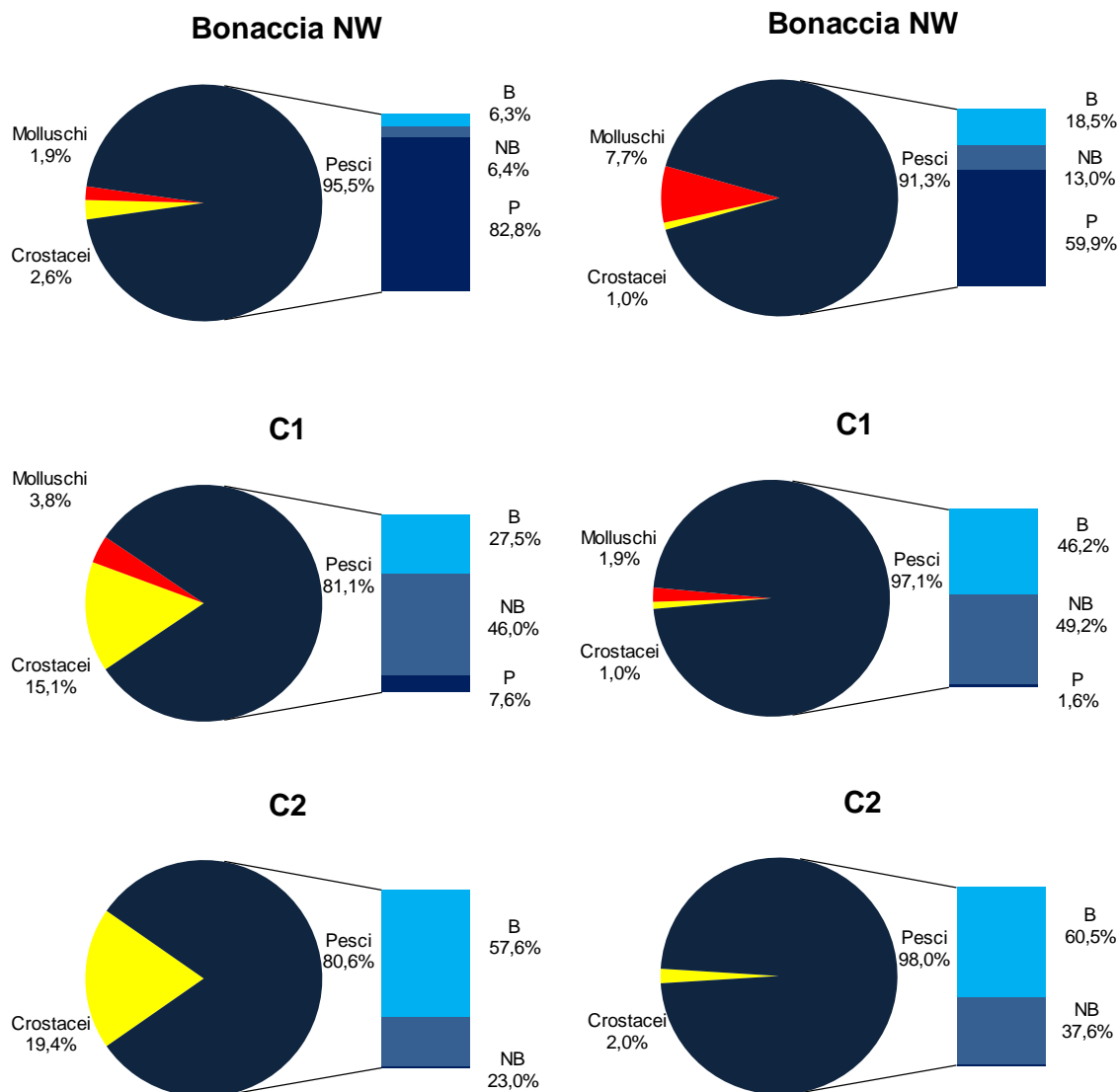
**Pesci bentonici** - In totale sono state censite 16 specie ittiche appartenenti a questo gruppo, di cui 11 nelle vicinanze della piattaforma, 4 in C1 e 7 in C2 (Tabb. 2-XLIII - 2-XLV). Presso il sito di estrazione le specie bentoniche hanno costituito il terzo gruppo in ordine d'importanza in numero (6,3%) e il secondo in peso (18,5%), soprattutto per il contributo di *Lophius budegassa*, *S. porcus* e *S. scrofa*. In C1 i pesci bentonici sono risultati secondi sia in numero (27,5%) che in peso (46,2%) per la cattura di *Scyliorhinus canicula* nel mese di maggio. Questa specie ha anche determinato l'importanza dei bentonici in C2, rappresentanti il primo gruppo in numero (57,6%) e in peso (60,5%).

**Pesci necto-bentonici** – Complessivamente sono state censite 7 specie necto-bentoniche di cui 6 presso Bonaccia NW, 4 in C1 e 2 in C2 (Tabb. 2-XLIII - 2-XLV). In tutti i tre siti questo gruppo è stato rappresentato soprattutto da *M. merluccius* e *Trisopterus minutus capelanus*. Nei pressi della piattaforma i necto-bentonici sono risultati secondi per importanza numerica (6,4%) e terzi in termini ponderali (13,0%). In C1 la frazione dei pesci necto-bentonici è stata la meglio rappresentata sia numericamente che ponderalmente (46,0% e 49,2% rispettivamente), mentre in C2 si è collocata al secondo posto in entrambi i casi (numero: 23,0%; peso: 37,6%).

**Pesci pelagici** - Sono state censite in totale 8 specie, tutte catturate in piattaforma e 2 in C1. Presso C2 non è stato censito alcun pelagico (Tabb. 2-XLIII - 2-XLV).

Questo gruppo è stato il più rappresentativo presso Bonaccia NW sia in termini numerici (82,8%) che ponderali (59,9%) soprattutto grazie alle catture durante tutto il periodo di *B. boops*, *T. picturatus* e *T. trachurus*. In C1 invece, i pelagici hanno costituito il gruppo meno rilevante sia dal punto di vista numerico (7,6%) che ponderale (1,6%), in quanto le uniche due specie presenti (*Engraulis encrasicolus* e *T. trachurus*) sono state catturate in

quantità esigue e unicamente a gennaio.



**Fig. 2.53** - Composizione percentuale delle catture in numero (sinistra) e in peso (destra) ottenute nel 1° semestre 2017 presso Bonaccia NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

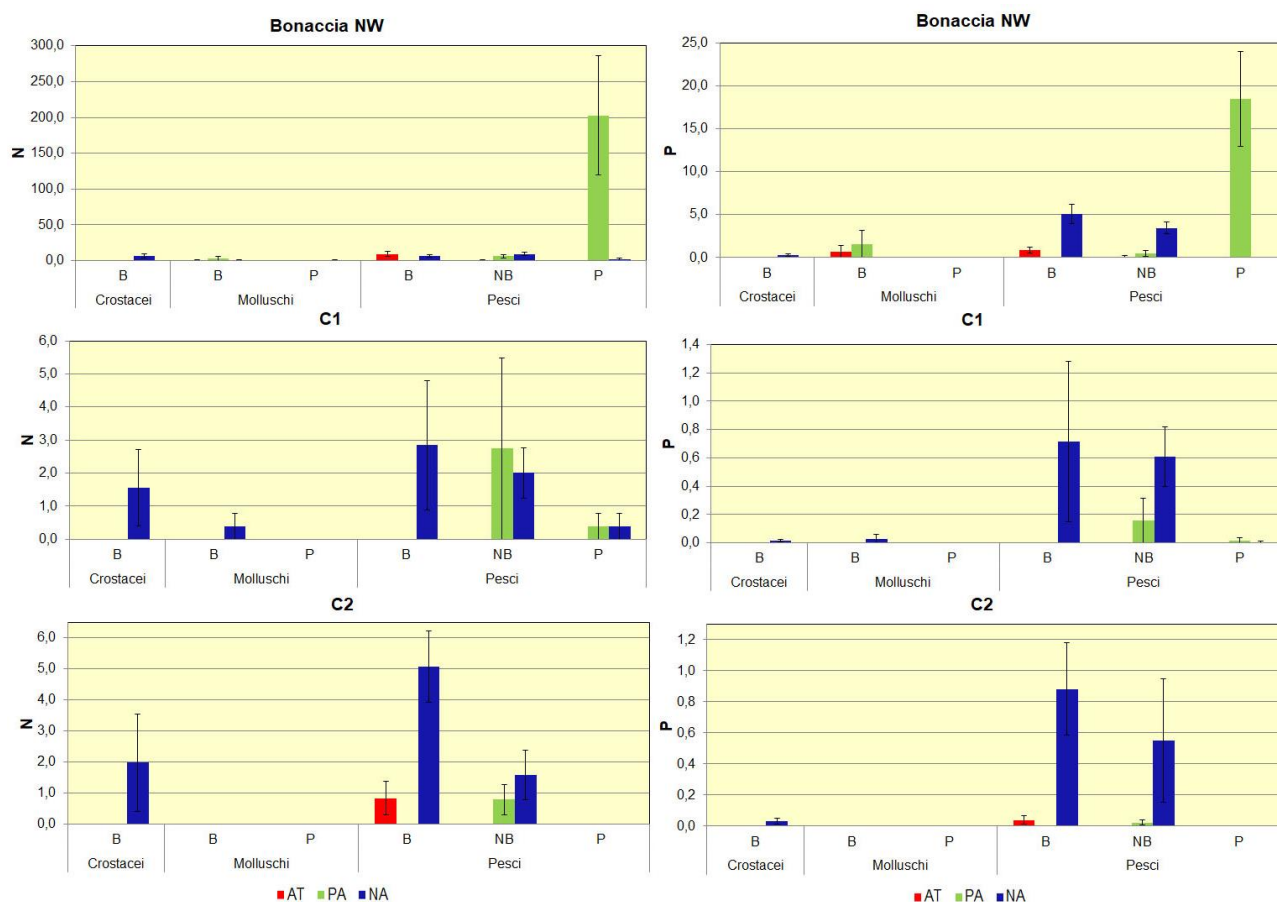
**Crostacei** – Appartenenti a questa classe sono state censite 3 specie, tutte in piattaforma e 2 in ciascun controllo (Tabb. 2-XLIII - 2-XLV). I crostacei presso Bonaccia NW hanno rappresentato il 2,6% delle catture in numero e l'1,0% in peso, mentre nei siti di riferimento hanno assunto una discreta importanza in numero (C1: 15,1%; C2: 19,4%) per i quantitativi di *Parapenaeus longirostris*.

**Molluschi** – Sono state censite complessivamente 5 specie appartenenti a questo phylum, tutte in piattaforma e 1 in C1 (*Cassidaria echinophora*); nessun mollusco è stato rilevato in C2 (Tabb. 2-XLIII - 2-XLV). Presso Bonaccia NW i molluschi sono apparsi più incisivi

dal punto di vista ponderale rappresentando il 7,7% delle catture totali (numero: 1,9%) grazie alle catture di *O. vulgaris* e *E. cirrhosa*, specie di discrete dimensioni. In C1 i molluschi hanno costituito il 3,8% delle catture in numero e l'1,9% 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 duri ha evidenziato una predominanza di specie ittiche pelagiche PA dal punto di vista sia numerico che ponderale ( $203,0 \pm 83,18$  ind./500m/12h;  $18,47 \pm 5,54$  kg/500m/12h), soprattutto per le catture di *B. boops*, *T. picturatus* e *T. trachurus*. (fig. 2.54). Tutte le altre categorie sono apparse decisamente meno importanti; in numero sono risultate comparabili tra loro, mentre in peso i pesci bentonici e i necto-bentonici NA sono apparsi leggermente più incisivi delle altre categorie. Da rilevare una componente AT sia tra i molluschi che tra i pesci bentocici e necto-bentonici.



**Fig. 2.54** - 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 ottenute nel 1° semestre 2017 nei tre siti. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

Tutti o quasi tutti i gruppi rilevati presso C1 sono risultati comparabili tra loro sia in



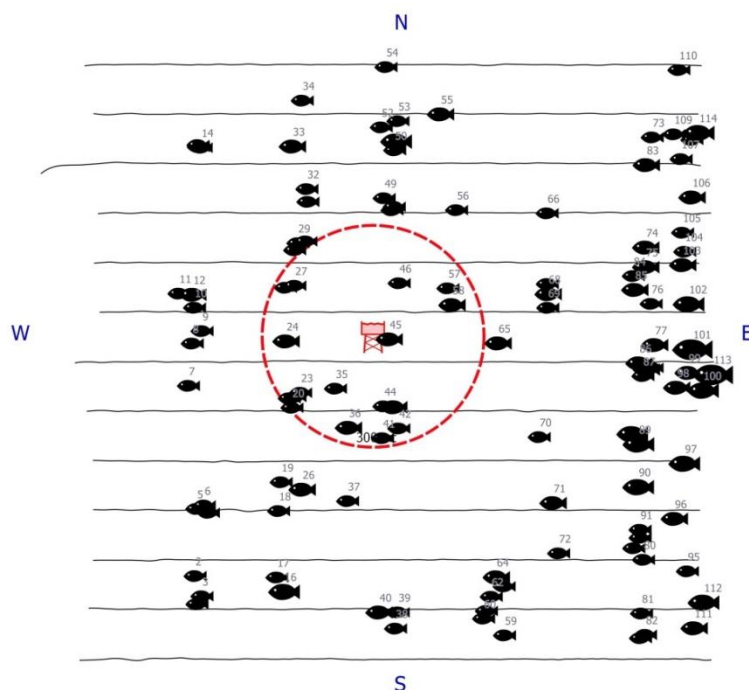
numero che in peso per l'elevata variabilità di alcuni di essi. In termini assoluti i valori maggiori sono stati sempre ottenuti per le specie NA eccetto i necto-bentonici in numero, per i quali sono apparsi più abbondanti i PA per le già citate catture di *M. merluccius* e *T. minutus capelanus*.

In C2 in numero sono apparsi più abbondanti i pesci bentonici NA ( $5,08 \pm 1,14$  ind./500m/12h) soprattutto per le abbondanti catture di *Scyliorhinus canicula*; le altre categorie sono apparse inferiori e comparabili tra loro. In peso i valori maggiori sono stati ottenuti per i bentonici e i necto-bentonici NA ( $0,88 \pm 0,30$  e  $0,55 \pm 0,40$  kg/500m/12h rispettivamente). In questo sito è stata rilevata la componente AT rappresentata unicamente dalla specie bentonica *S. notata*, presente in quantitativi decisamente inferiori rispetto alla piattaforma.

### 2.2.6.2 Investigazioni acustiche

Nel **gennaio** 2017 il rilievo è stato regolarmente eseguito ma non sono state rilevate aggregazioni.

A **febbraio** sono stati osservati 114 banchi di pesce (fig. 2.55) di cui 17 entro i 300 m da Bonaccia NW; il banco n. 45 è risultato il più vicino in quanto distante dalla struttura 49,0 m (Tab. 2-XLVIII).



**Fig. 2.55** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel febbraio 2017. Figura non in scala.

**Tab. 2-XLVIII** – Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel febbraio 2017; sono evidenziati i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	866,4	58	232,7
2	806,6	59	887,5
3	841,2	60	823,8
4	651,2	61	807,5
5	665,3	62	777,5
6	644,5	63	767,7
7	512,3	64	736,0
8	484,1	65	342,4
9	457,3	66	577,9
10	483,4	67	494,4
11	531,7	68	489,9
12	494,0	69	481,5
13	692,0	70	529,4
14	685,5	71	667,7
15	696,5	72	776,4
16	732,4	73	928,1
17	703,0	74	777,6
18	537,3	75	763,1
19	466,0	76	759,2
20	290,2	77	764,6
21	265,1	78	747,5
22	279,6	79	762,1
23	246,0	80	952,4
24	230,8	81	1047,4
25	265,7	82	1096,9
26	456,9	83	873,7
27	246,9	84	724,5
28	310,4	85	721,4
29	319,4	86	725,9
30	310,4	87	740,5
31	400,5	88	752,7
32	433,1	89	778,5
33	554,6	90	828,5
34	662,9	91	895,3
35	173,6	92	908,4
36	257,1	93	912,4
37	452,9	94	1094,5
38	796,1	95	1064,8
39	752,9	96	956,1
40	749,7	97	912,8
41	279,4	98	835,7
42	262,2	99	860,6
43	203,1	100	907,2
44	194,6	101	867,6
45	49,0	102	860,2
46	160,1	103	861,4
47	343,6	104	875,1
48	353,9	105	884,3
49	373,4	106	942,5
50	505,5	107	962,3
51	530,0	108	1013,8
52	564,3	109	981,2
53	584,9	110	1097,5
54	727,9	111	1177,2
55	627,5	112	1151,3
56	409,8	113	928,0
57	242,6	114	1039,9

Il banco con le caratteristiche dimensionali maggiori per quanto riguarda superficie, volume e lunghezza NS è stato il n. 113 (4367,437 m<sup>2</sup>, 2767,585 m<sup>3</sup> e 39,768 m; Tab. 2-XLIX); la massima lunghezza EW è stata ottenuta per il n. 101 (26,359 m). Le aggregazioni sono state rilevate tra i 19,0 e gli 87,2 m di profondità (rispettivamente n. 45 e n. 48). Le caratteristiche metriche ed acustiche (Tab. 2-L) dei banchi rilevati entro i 300 m dalla piattaforma e quelli lontani presentano valori comparabili (fig. 2.56).

**Tab. 2-LXIX** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel febbraio 2017. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume; sono evidenziati i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	56,148	3,828	4,570	72,851	75,478	2,627	18,785	43°35,628'	14°19,784'	74,103	2,989	0	0
2	56,693	5,677	3,855	73,921	75,439	1,518	18,034	43°35,67'	14°19,78'	74,738	3,144	0	0
3	7,295	0,982	1,385	81,330	82,825	1,495	1,213	43°35,64'	14°19,794'	82,130	6,016	0	0
4	20,299	1,128	3,312	76,838	79,604	2,766	5,184	43°35,762'	14°19,805'	78,207	3,916	0	0
5	26,620	1,936	4,110	71,565	73,531	1,966	6,152	43°35,768'	14°19,782'	72,530	4,327	0	0
6	10,030	0,982	2,496	74,122	75,813	1,691	1,651	43°35,773'	14°19,797'	74,923	6,076	0	0
7	54,820	2,998	5,283	78,224	81,555	3,331	18,848	43°35,947'	14°19,763'	79,957	2,909	0	0
8	31,216	2,899	4,242	79,998	82,334	2,336	7,156	43°36,009'	14°19,770'	81,187	4,362	0	0
9	23,273	2,577	2,374	80,691	82,893	2,202	5,311	43°36,027'	14°19,790'	81,832	4,382	0	0
10	92,941	3,977	6,730	72,363	75,951	3,588	37,920	43°36,062'	14°19,774'	74,088	2,451	0	0
11	66,760	5,436	4,336	68,790	71,922	3,132	18,075	43°36,082'	14°19,743'	70,442	3,694	0	0
12	286,732	8,970	9,470	78,542	84,113	5,571	92,571	43°36,081'	14°19,771'	81,589	2,914	0	0
13	15,870	2,787	1,691	78,616	79,983	1,367	3,234	43°36,296'	14°19,779'	79,165	4,908	0	0
14	20,390	1,329	3,732	78,542	80,744	2,202	4,599	43°36,295'	14°19,785'	79,693	4,434	0	0
15	60,719	4,610	3,761	80,617	83,265	2,648	16,228	43°36,299'	14°19,779'	81,952	3,742	0	0
16	629,244	20,379	16,555	70,090	79,951	9,861	272,845	43°35,648'	14°19,959'	74,672	2,209	0	0
17	95,371	6,276	6,269	69,311	73,948	4,637	27,329	43°35,668'	14°19,944'	71,364	3,490	0	0
18	70,129	5,116	5,097	70,564	75,133	4,569	19,575	43°35,765'	14°19,947'	72,864	3,583	0	0
19	20,594	2,300	2,955	72,179	74,706	2,527	4,113	43°35,808'	14°19,951'	73,464	5,007	0	0
20	102,584	4,524	5,774	78,245	81,030	2,785	37,046	43°35,917'	14°19,972'	79,733	2,524	0	0
21	81,931	3,156	5,955	81,203	85,219	4,016	25,908	43°35,932'	14°19,978'	83,477	3,162	0	0
22	69,385	3,880	7,861	79,597	82,311	2,714	17,967	43°35,930'	14°19,966'	81,095	3,862	0	0
23	67,415	3,646	5,349	80,123	82,959	2,836	19,655	43°35,939'	14°19,989'	81,592	3,216	0	0
24	283,820	12,666	9,587	72,908	80,830	7,922	118,277	43°36,014'	14°19,959'	76,396	2,350	0	0
25	155,429	5,189	5,932	75,357	82,194	6,837	47,797	43°36,092'	14°19,957'	77,609	3,032	0	0
26	300,196	8,933	7,384	77,055	83,415	6,360	96,444	43°35,797'	14°19,994'	79,807	2,929	0	0
27	54,303	3,847	5,350	79,258	81,323	2,065	17,072	43°36,095'	14°19,976'	80,411	3,181	0	0
28	125,723	7,169	15,481	76,016	80,049	4,033	27,528	43°36,147'	14°19,975'	77,542	4,500	0	0
29	103,112	3,847	5,344	82,218	85,749	3,531	31,826	43°36,157'	14°19,981'	83,664	3,001	0	0
30	35,765	2,566	4,577	79,453	82,426	2,973	10,371	43°36,160'	14°19,997'	80,926	3,449	0	0
31	91,222	2,957	4,972	78,890	82,502	3,612	20,124	43°36,218'	14°20,001'	80,391	4,275	0	0
32	26,037	1,865	4,877	78,086	80,063	1,977	5,492	43°36,236'	14°19,998'	79,073	4,741	0	0
33	221,251	9,236	9,177	75,578	79,800	4,222	102,562	43°36,298'	14°19,969'	77,652	2,157	0	0
34	49,822	4,233	4,103	74,180	76,657	2,477	16,822	43°36,365'	14°19,987'	75,513	2,962	0	0
35	37,120	2,310	4,150	81,673	84,444	2,771	11,337	43°35,945'	14°20,059'	83,069	3,274	0	0
36	190,424	9,346	8,513	79,535	83,408	3,873	85,175	43°35,888'	14°20,086'	81,428	2,236	0	0
37	29,018	1,278	3,719	70,122	72,477	2,355	5,912	43°35,781'	14°20,085'	71,001	4,571	0	0
38	197,269	6,261	7,973	71,576	78,076	6,500	72,977	43°35,595'	14°20,183'	75,341	2,703	0	0
39	167,754	5,935	6,542	68,608	74,237	5,629	63,191	43°35,619'	14°20,189'	71,688	2,655	0	0
40	381,977	13,574	8,939	73,802	80,162	6,360	165,182	43°35,619'	14°20,150'	76,994	2,177	0	0
41	117,816	5,412	6,309	74,978	80,332	5,354	43,015	43°35,873'	14°20,154'	77,641	2,739	0	0
42	76,226	5,689	5,677	84,106	87,176	3,070	24,051	43°35,888'	14°20,187'	85,677	3,169	0	0
43	220,731	7,476	7,077	72,759	78,075	5,316	87,809	43°35,919'	14°20,177'	75,250	2,514	0	0
44	141,892	5,199	4,826	75,666	83,525	7,859	39,225	43°35,920'	14°20,157'	80,316	3,617	0	0
45	1078,178	5,575	6,115	6,584	29,112	22,528	174,929	43°36,018'	14°20,166'	18,983	5,255	0	0
46	104,745	4,874	5,691	76,856	80,826	3,970	28,784	43°36,100'	14°20,185'	78,254	3,343	0	0
47	172,853	8,166	10,434	66,881	71,673	4,792	70,729	43°36,206'	14°20,170'	69,364	2,444	0	0
48	59,440	4,649	6,193	86,440	87,817	1,377	19,924	43°36,211'	14°20,174'	87,183	2,983	0	0
49	142,216	6,841	6,932	72,350	76,823	4,473	65,399	43°36,224'	14°20,154'	74,657	2,175	0	0
50	62,475	3,788	4,242	79,982	83,269	3,287	21,586	43°36,294'	14°20,174'	81,700	2,894	0	0

**Tab. 2-LXIX - Continuo.**

Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
51	857,136	34,404	12,420	72,551	78,726	6,175	432,231	43°36,307'	14°20,177'	75,245	1,983	0	0
52	147,469	9,440	8,494	73,359	79,660	6,301	45,744	43°36,327'	14°20,147'	76,172	3,224	0	0
53	135,076	7,016	8,810	77,942	81,225	3,283	58,424	43°36,336'	14°20,180'	79,643	2,312	0	0
54	174,467	9,730	8,094	78,695	83,696	5,001	74,548	43°36,415'	14°20,155'	81,269	2,340	0	0
55	337,547	10,443	9,957	76,430	83,098	6,668	145,862	43°36,347'	14°20,266'	80,186	2,314	2	0,520
56	203,377	7,692	6,360	75,884	81,538	5,654	80,740	43°36,207'	14°20,299'	79,371	2,157	0	0
57	126,110	5,560	8,106	80,280	84,663	4,383	45,680	43°36,093'	14°20,283'	82,165	2,761	0	0
58	267,633	16,690	8,163	77,728	82,101	4,373	95,020	43°36,069'	14°20,292'	80,346	2,817	0	0
59	133,167	6,636	6,216	81,115	86,189	5,074	72,073	43°35,586'	14°20,403'	83,725	1,848	0	0
60	65,077	5,002	4,893	78,695	81,941	3,246	23,374	43°35,611'	14°20,360'	80,310	2,784	0	0
61	83,626	6,130	5,854	77,578	80,632	3,054	27,402	43°35,622'	14°20,366'	79,125	3,052	0	0
62	68,632	3,689	5,550	78,204	81,156	2,952	21,715	43°35,643'	14°20,375'	79,735	3,161	0	0
63	61,148	3,316	4,905	77,728	80,929	3,201	17,773	43°35,658'	14°20,401'	79,300	3,441	0	0
64	453,965	8,581	11,500	66,589	78,709	12,120	132,543	43°35,671'	14°20,386'	70,683	3,270	0	0
65	277,071	12,887	8,713	79,811	84,144	4,333	125,818	43°36,013'	14°20,385'	81,945	2,202	0	0
66	106,882	5,345	6,312	77,139	80,965	3,826	35,524	43°36,204'	14°20,482'	78,757	3,009	0	0
67	102,224	6,696	6,601	73,809	76,476	2,667	40,981	43°36,100'	14°20,483'	75,135	2,494	0	0
68	251,129	7,401	15,983	75,987	80,965	4,978	104,933	43°36,086'	14°20,485'	78,479	2,393	0	0
69	57,381	4,304	4,793	78,600	81,338	2,738	18,191	43°36,065'	14°20,484'	79,967	3,154	0	0
70	84,264	2,082	5,829	82,317	85,939	3,622	23,679	43°35,877'	14°20,469'	84,235	3,089	0	0
71	271,514	8,056	8,377	72,330	79,214	6,884	112,568	43°35,780'	14°20,498'	76,641	2,412	0	0
72	110,171	7,953	5,836	72,610	76,858	4,248	36,324	43°35,707'	14°20,510'	74,582	3,033	0	0
73	83,546	6,386	6,140	80,063	82,821	2,758	25,787	43°36,316'	14°20,692'	81,412	3,240	0	0
74	360,972	10,262	11,669	79,185	86,965	7,780	116,173	43°36,155'	14°20,681'	80,723	2,943	0	0
75	352,026	11,306	9,801	78,416	87,168	8,752	92,824	43°36,126'	14°20,681'	86,819	4,443	0	0
76	110,279	6,628	6,201	80,189	83,885	3,696	36,934	43°36,072'	14°20,692'	81,899	2,986	0	0
77	445,745	23,047	11,517	78,538	83,418	4,880	187,805	43°36,012'	14°20,700'	80,891	2,373	0	0
78	242,389	6,829	14,229	74,045	78,793	4,748	95,960	43°35,977'	14°20,684'	75,936	2,526	0	0
79	72,696	4,369	5,031	81,941	86,317	4,376	24,567	43°35,979'	14°20,695'	84,439	2,959	0	0
80	53,680	1,899	4,742	81,950	85,219	3,269	18,434	43°35,699'	14°20,681'	83,524	2,912	0	0
81	217,872	5,832	8,348	73,377	78,704	5,327	75,379	43°35,620'	14°20,678'	76,473	2,890	0	0
82	147,360	4,118	5,044	74,846	81,752	6,906	60,735	43°35,589'	14°20,686'	78,231	2,426	0	0
83	442,129	12,479	9,841	79,413	85,656	6,243	208,884	43°36,275'	14°20,680'	82,153	2,117	1	0,471
84	116,668	7,609	6,736	80,920	83,939	3,019	40,957	43°36,113'	14°20,656'	82,434	2,849	0	0
85	361,138	11,292	8,898	76,953	84,496	7,543	167,237	43°36,093'	14°20,659'	80,594	2,159	1	0,258
86	378,186	9,606	9,698	70,832	78,858	8,026	156,747	43°35,986'	14°20,669'	74,813	2,413	0	0
87	227,365	3,090	4,361	62,482	85,848	23,366	62,552	43°35,967'	14°20,677'	77,727	3,577	0	0
88	881,168	12,483	25,519	71,932	81,960	10,028	373,309	43°35,882'	14°20,657'	76,542	2,360	0	0
89	961,231	13,588	10,143	63,778	83,101	19,323	364,235	43°35,867'	14°20,669'	72,820	2,639	0	0
90	1142,851	18,162	19,034	72,915	85,199	12,284	589,177	43°35,805'	14°20,669'	78,619	1,872	4	1,272
91	130,863	10,639	5,778	79,548	82,483	2,935	40,262	43°35,742'	14°20,673'	80,751	3,250	0	0
92	46,837	4,283	4,260	76,277	77,945	1,668	16,181	43°35,730'	14°20,674'	77,136	2,895	0	0
93	117,302	7,729	5,560	75,935	79,714	3,779	40,350	43°35,715'	14°20,661'	77,790	2,907	0	0
94	125,156	6,830	6,923	81,650	84,428	2,778	54,002	43°35,584'	14°20,676'	83,004	2,318	0	0
95	180,793	5,489	7,583	76,887	82,976	6,089	69,108	43°35,682'	14°20,769'	78,574	2,560	0	0
96	190,636	7,610	8,406	68,287	73,751	5,464	84,221	43°35,759'	14°20,742'	71,125	2,264	0	0
97	1544,652	21,646	25,516	64,329	84,803	20,474	554,615	43°35,840'	14°20,762'	75,121	2,785	0	0
98	244,472	7,697	9,557	66,604	72,384	5,780	112,307	43°35,950'	14°20,745'	69,168	2,177	0	0
99	402,283	9,975	11,415	64,414	71,416	7,002	209,386	43°35,972'	14°20,768'	68,260	1,921	1	0,857
100	1010,969	20,732	22,494	72,647	81,529	8,882	401,078	43°35,947'	14°20,798'	76,818	2,390	1	0,249
101	4044,861	19,567	26,359	51,394	83,271	31,877	2721,465	43°36,007'	14°20,777'	61,046	1,433	58	24,654
102	565,200	14,074	12,230	66,875	78,065	11,190	304,203	43°36,073'	14°20,768'	71,713	1,858	4	1,347
103	654,388	16,155	12,549	70,547	79,448	8,901	258,493	43°36,130'	14°20,755'	75,188	2,532	0	0
104	76,896	5,720	5,540	77,063	80,311	3,248	27,571	43°36,149'	14°20,759'	78,677	2,789	0	0
105	148,679	6,101	7,435	76,985	81,578	4,593	66,280	43°36,177'	14°20,754'	79,265	2,243	1	0,277
106	292,420	11,187	11,012	75,943	80,024	4,081	124,853	43°36,229'	14°20,773'	77,827	2,342	0	0
107	115,797	10,039	6,077	79,486	82,194	2,708	28,438	43°36,284'	14°20,750'	80,823	4,072	0	0
108	227,016	13,343	6,929	78,684	81,973	3,289	80,535	43°36,312'	14°20,771'	80,562	2,819	0	0
109	115,454	6,642	6,120	69,063	73,402	4,339	41,259	43°36,320'	14°20,735'	70,994	2,798	0	0
110	177,527	10,456	6,740	74,143	78,465	4,322	66,222	43°36,414'	14°20,744'	76,146	2,681	0	0
111	467,000	21,181	10,886	73,370	88,245	14,875	162,956	43°35,599'	14°20,784'	75,353	2,643	0	0
112	839,462	16,589	11,092	76,546	84,002	7,456	367,127	43°35,637'	14°20,803'	79,641	2,278	2	1,116
113	4367,437	39,768	16,581	45,532	66,132	20,600	2767,585	43°35,907'	14°20,818'	55,635	1,578	26	15,161
114	788,599	11,665	11,764	59,830	77,137	17,307	388,711	43°36,323'	14°20,785'	70,974	1,928	2	0,678

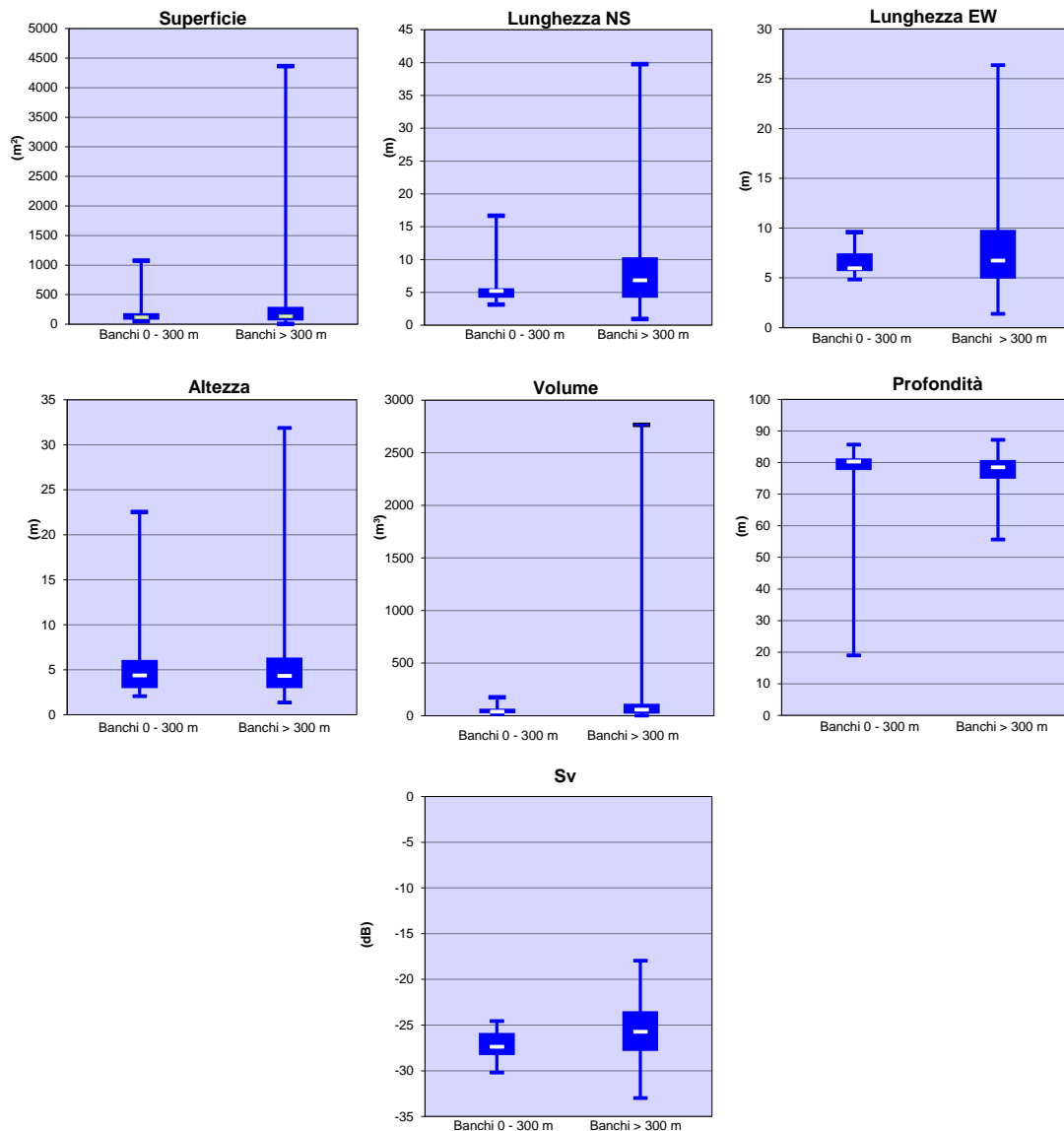
**Tab. 2-L** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati nel febbraio 2017; sono evidenziati i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-22,170	87	4	38	-29,713	-15,637	60,671
2	-24,815	81	6	48	-29,713	-20,713	33,000
3	-25,444	5	1	3	-29,180	-23,180	28,547
4	-25,249	19	1	7	-29,680	-22,214	29,860
5	-24,942	29	2	16	-29,559	-20,059	32,046
6	-26,870	8	1	6	-29,399	-24,862	20,560
7	-24,818	77	3	31	-31,680	-18,146	32,975
8	-27,708	31	3	21	-31,646	-22,611	16,951
9	-25,329	24	3	12	-31,680	-18,146	29,316
10	-17,973	178	4	57	-31,751	-7,637	159,495
11	-27,852	73	6	39	-31,847	-21,281	16,399
12	-21,027	345	10	118	-31,971	-11,111	78,936
13	-31,501	14	3	10	-31,971	-30,935	7,078
14	-25,856	20	1	9	-31,971	-21,506	25,967
15	-28,748	68	5	33	-31,646	-25,077	13,342
16	-22,153	1117	23	318	-34,935	-9,399	60,912
17	-25,994	93	6	68	-34,847	-19,880	25,155
18	-27,799	83	6	48	-34,880	-20,380	16,599
19	-31,994	15	2	10	-34,180	-29,680	6,319
20	-27,384	132	5	55	-34,971	-19,506	18,265
21	-25,518	107	3	31	-34,748	-18,646	28,065
22	-29,009	70	4	39	-34,680	-22,111	12,562
23	-28,051	80	4	33	-34,680	-22,111	15,663
24	-26,108	470	14	141	-34,971	-17,180	24,503
25	-27,498	110	6	53	-34,646	-21,611	17,791
26	-23,059	268	10	100	-34,646	-13,111	49,442
27	-25,626	71	4	37	-34,971	-19,006	27,380
28	-27,636	122	6	73	-34,899	-22,325	17,233
29	-27,419	87	4	34	-34,781	-20,714	18,118
30	-25,577	37	2	17	-34,814	-19,781	27,691
31	-25,223	36	3	24	-34,814	-18,347	30,042
32	-33,000	22	2	14	-34,748	-31,214	5,012
33	-21,295	456	10	164	-34,971	-11,399	74,224
34	-27,942	65	4	31	-34,788	-22,325	16,061
35	-28,200	40	2	18	-34,814	-23,847	15,134
36	-21,686	323	9	117	-34,680	-9,111	67,830
37	-31,034	18	1	10	-34,519	-28,519	7,881
38	-27,163	331	7	90	-34,862	-16,288	19,216
39	-26,821	319	7	86	-34,979	-16,598	20,792
40	-20,259	484	12	141	-34,944	-9,380	94,217
41	-26,346	180	6	56	-34,680	-18,646	23,193
42	-30,212	104	7	57	-34,847	-25,847	9,523
43	-24,575	382	8	119	-34,862	-13,251	34,877
44	-29,048	133	5	46	-34,847	-22,781	12,450
45	-26,428	132	4	62	-34,980	-16,091	22,762
46	-27,888	72	5	38	-34,971	-20,935	16,264
47	-22,335	330	9	124	-34,979	-11,816	58,414
48	-29,151	78	5	44	-34,880	-23,380	12,160
49	-24,110	266	7	83	-34,935	-16,471	38,817
50	-29,990	88	4	35	-34,646	-25,111	10,023

**Tab. 2-L - Continuo.**

<b>Banco</b>	<b>Sv medio (dB re 1 m<sup>-1</sup>)</b>	<b>n. campioni</b>	<b>n. ping</b>	<b>n. beam</b>	<b>Sv minimo (dB re 1 m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Sv massimo (dB re 1 m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Densità (kg/m<sup>3</sup>)</b>
56	-21,081	138	4	46	-34,880	-11,814	77,961
57	-28,522	183	6	72	-34,748	-22,146	14,053
58	-25,182	345	16	170	-34,714	-13,680	30,325
59	-20,269	196	5	51	-34,912	-10,444	93,993
60	-25,883	90	5	42	-34,781	-18,748	25,803
61	-28,042	94	5	51	-34,646	-21,077	15,698
62	-30,036	98	4	43	-34,506	-22,506	9,917
63	-26,899	61	3	27	-34,680	-19,646	20,424
64	-29,449	517	10	166	-34,979	-20,439	11,354
65	-22,328	515	14	186	-34,714	-10,646	58,504
66	-29,112	145	5	63	-34,971	-23,435	12,270
67	-26,476	173	7	78	-34,788	-17,751	22,511
68	-22,463	427	7	167	-34,971	-10,506	56,712
69	-29,421	69	4	36	-34,971	-24,006	11,426
70	-26,834	58	2	22	-34,814	-21,281	20,732
71	-23,888	441	8	118	-34,971	-14,077	40,848
72	-29,263	116	7	46	-34,748	-20,214	11,850
73	-25,380	89	6	57	-34,814	-17,314	28,975
74	-21,847	290	11	137	-34,611	-12,042	65,356
75	-29,474	120	12	120	-34,847	-23,847	11,288
76	-29,593	134	6	52	-34,814	-24,214	10,984
77	-24,321	699	24	277	-34,944	-12,847	36,974
78	-22,993	395	7	142	-34,935	-11,251	50,195
79	-28,375	84	4	30	-34,976	-22,444	14,539
80	-30,866	71	2	21	-34,714	-24,680	8,193
81	-26,881	316	6	90	-34,899	-16,362	20,505
82	-28,140	238	4	45	-34,971	-19,935	15,346
83	-24,208	884	14	199	-34,814	-12,180	37,950
84	-23,678	156	8	86	-34,847	-15,814	42,871
85	-20,862	625	11	169	-34,814	-11,577	82,000
86	-25,826	667	10	164	-34,935	-14,362	26,144
87	-31,871	94	3	21	-34,971	-26,751	6,500
88	-25,312	1752	15	577	-34,971	-11,006	29,430
89	-27,991	1546	14	255	-34,979	-15,111	15,883
90	-21,272	2253	20	473	-34,971	-7,042	74,613
91	-28,080	159	11	86	-34,611	-20,042	15,560
92	-29,591	68	4	36	-34,862	-24,362	10,986
93	-27,519	176	9	79	-34,646	-19,611	17,706
94	-24,638	206	7	82	-34,714	-16,646	34,373
95	-26,624	160	5	65	-34,935	-19,471	21,755
96	-25,810	275	7	83	-34,880	-16,880	26,244
97	-23,896	2292	19	470	-34,979	-10,180	40,775
98	-25,484	412	7	113	-34,971	-17,435	28,286
99	-22,566	973	10	194	-34,979	-12,316	55,381
100	-23,696	1190	19	364	-34,971	-11,435	42,695
101	-22,607	13534	21	1051	-34,995	-9,290	54,860
102	-22,201	1370	15	292	-34,979	-10,713	60,235
103	-25,206	1149	19	304	-34,971	-12,111	30,159
104	-25,090	107	6	47	-34,611	-15,577	30,973
105	-26,803	237	5	61	-34,748	-17,146	20,880
106	-19,716	522	12	189	-34,971	-8,325	106,753
107	-27,135	99	10	94	-34,847	-18,847	19,343
108	-26,214	326	14	140	-34,971	-17,542	23,909
109	-27,737	162	7	79	-34,847	-20,314	16,840

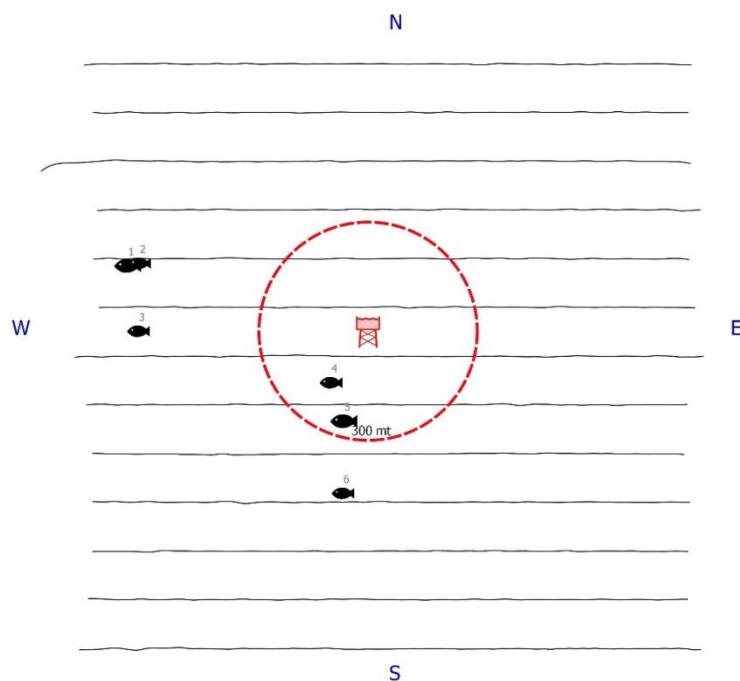
\*Sv = Volume backscattering strength



**Fig. 2.56** – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel febbraio 2017. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. Sv = Volume backscatter strength.

A **marzo** sono stati individuati 6 banchi di pesce di cui 2 all'interno del raggio di 300 m da Bonaccia NW, localizzati tutti nella metà occidentale dell'area di campionamento (fig. 2.57): il più vicino è stato il n. 4 a 173,6 m e il più lontano il n. 1 a 678,0 m (Tab. 2-LI).

L'aggregazione n. 1 è stata la maggiore per volume, superficie, lunghezza NS, lunghezza EW e altezza (Tab. 2-LII). I centri geometrici sono stati individuati nei primi 20 m dal fondale. Le variabili acustiche dei banchi sono descritte in Tab. 2-LIII.



**Fig. 2.57** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel marzo 2017. Figura non in scala.

**Tab. 2-LI** - Distanza (m) dalla struttura Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel marzo 2017; sono evidenziati i banchi rilevati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	678,0
2	649,3
3	625,1
4	173,6
5	257,1
6	452,9

**Tab. 2-LII** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel marzo 2017. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume; sono evidenziati i banchi rilevati entro i 300 m dalla piattaforma.

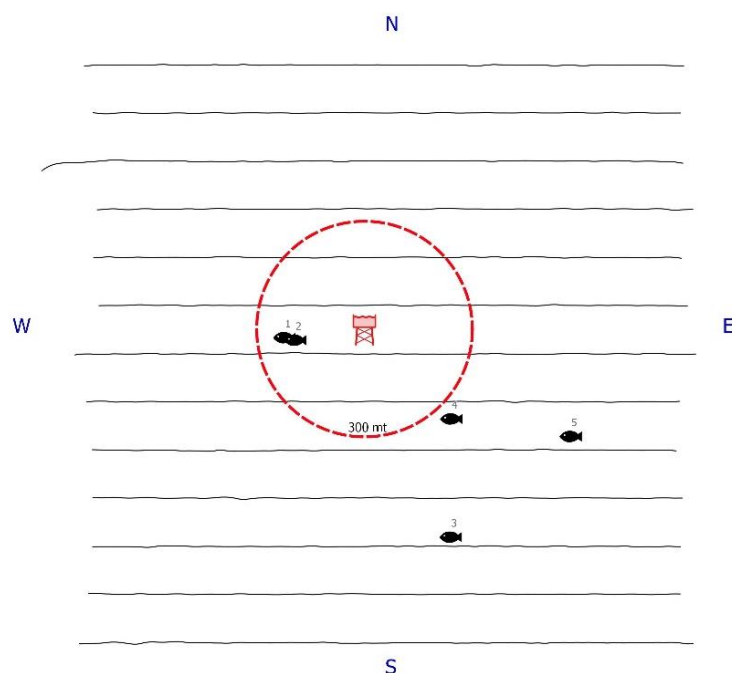
Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	265,829	10,762	8,870	68,780	75,225	6,445	129,201	43°36,116'	14°19,642'	72,084	2,057	0	0
2	63,529	5,508	4,764	79,162	81,231	2,069	20,433	43°36,120'	14°19,666'	80,470	3,109	0	0
3	57,761	1,897	4,152	59,601	64,446	4,845	17,092	43°36,019'	14°19,665'	61,887	3,379	0	0
4	37,120	2,310	4,150	81,673	84,444	2,771	11,337	43°35,945'	14°20,059'	83,069	3,274	0	0
5	190,424	9,346	8,513	79,535	83,408	3,873	85,175	43°35,888'	14°20,086'	81,428	2,236	0	0
6	29,018	1,278	3,719	70,122	72,477	2,355	5,912	43°35,781'	14°20,085'	71,001	4,571	0	0



**Tab. 2-LIII** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento di marzo 2017; i banchi rilevati entro i 300 m dalla piattaforma sono evidenziati in verde.

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-14,332	363	8	99	-29,971	-2,542	368,799
2	-24,791	73	5	39	-29,971	-21,006	33,182
3	-22,194	85	2	26	-29,774	-17,103	60,344
4	-28,200	40	2	18	-34,814	-23,847	15,134
5	-21,686	323	9	117	-34,680	-9,111	67,830
6	-31,034	18	1	10	-34,519	-28,519	7,881

Ad **aprile** sono stati individuati 5 banchi (fig. 2.58), 2 dei quali rilevati entro i 300 m da Bonaccia NW. L'associazione più prossima alla piattaforma è stata la n. 2, rinvenuta a 191,0 m (Tab. 2-LIV). Il banco n. 5 ha presentato le dimensioni maggiori per superficie, volume e lunghezza EW, mentre la maggior lunghezza NS è stata misurata per il banco n. 1 (Tab. 2-LV). Per quanto concerne la profondità, i centri geometrici delle associazioni sono stati rilevati tra i 27,065 m (banco n.1) e gli 87,138 m (n. 4). Nella Tab. 2-LVI sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.



**Fig. 2.58** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'aprile 2017. Figura non in scala.

**Tab. 2-LIV** - Distanza (m) dalla struttura Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nell'aprile 2017. In verde le aggregazioni entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	219,3
2	191,0
3	630,5
4	351,9
5	650,4

**Tab. 2-LV** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nell'aprile 2017. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni entro 300 m dalla piattaforma.

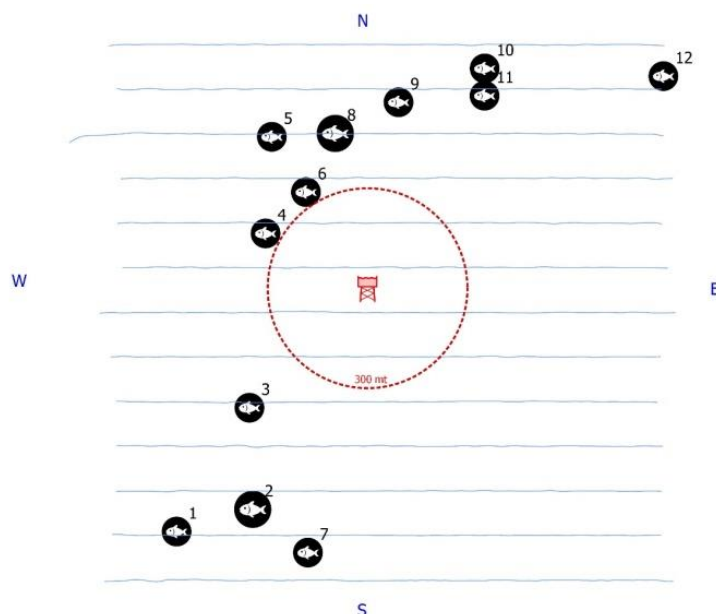
Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	91,344	12,185	3,316	25,130	28,727	3,597	26,199	43°36,008'	14°19,968'	27,065	3,487	0	0
2	70,168	6,560	3,122	31,077	36,172	5,095	18,523	43°36,004'	14°19,991'	33,589	3,788	0	0
3	27,950	1,176	5,569	79,051	80,670	1,619	7,084	43°35,71'	14°20,315'	79,862	3,946	0	0
4	80,952	5,558	5,321	85,600	88,442	2,842	28,168	43°35,888'	14°20,315'	87,138	2,874	0	0
5	200,982	7,378	9,366	82,770	86,963	4,193	78,449	43°35,863'	14°20,562'	84,849	2,562	0	0

**Tab. 2-LVI** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nell'aprile 2017. In verde le aggregazioni entro 300 m dalla piattaforma

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-46,631	742	9	151	-53,830	-37,751	0,217
2	-50,998	262	12	87	-53,837	-44,737	0,079
3	-53,197	1454	9	206	-53,761	-42,191	0,048
4	-48,618	6502	27	760	-53,829	-38,636	0,137
5	-48,646	18487	33	1149	-54,000	-36,518	0,137

\*Sv = Volume backscattering strength

Anche a **maggio** sono stati individuati 5 banchi, tutti oltre i 300 m da Bonaccia NW (fig. 2.59); l'aggregazione più vicina è stata la n. 4 (422,6 m; Tab. 2-LVII). Il banco n. 3 ha presentato maggiore superficie, volume, lunghezza NS, lunghezza EW e altezza (Tab. 2-LVIII). Tutte le associazioni sono state rilevate entro i primi 10 m dal fondo. Nella Tab. 2-LIX sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.



**Fig. 2.59** - Schema planare delle posizioni delle aggregazione di pesce individuate durante il campionamento condotto nel maggio 2017. Figura non in scala.

**Tab. 2-LVII** - Distanza (m) dalla struttura Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di maggio 2017.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	757,5
2	856,2
3	470,4
4	422,6
5	690,8

**Tab. 2-LVIII** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel maggio 2017. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	384,766	12,167	10,077	80,245	85,461	5,216	216,050	43°35,927'	14°19,582'	83,022	1,781	2	0,819
2	221,052	14,611	10,239	76,950	82,093	5,143	63,009	43°35,665'	14°19,727'	79,553	3,508	0	0
3	1878,328	29,995	20,793	64,885	78,696	13,811	1322,688	43°36,219'	14°19,909'	72,424	1,420	6	2,271
4	351,647	12,285	12,671	77,381	83,282	5,901	147,394	43°36,189'	14°19,915'	80,399	2,331	0	0
5	1319,112	27,323	10,999	71,367	78,501	7,134	901,927	43°36,395'	14°20,169'	75,139	1,463	0	0

**Tab. 2-LXIX** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel maggio 2017.

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-20,647	771	12	185	-34,784	-7,717	86,154
2	-24,618	157	11	126	-34,883	-15,883	34,533
3	-18,769	4812	30	733	-34,974	-4,544	132,776
4	-22,812	341	10	167	-34,883	-13,850	52,340
5	-17,643	3530	28	652	-34,974	-3,828	172,067

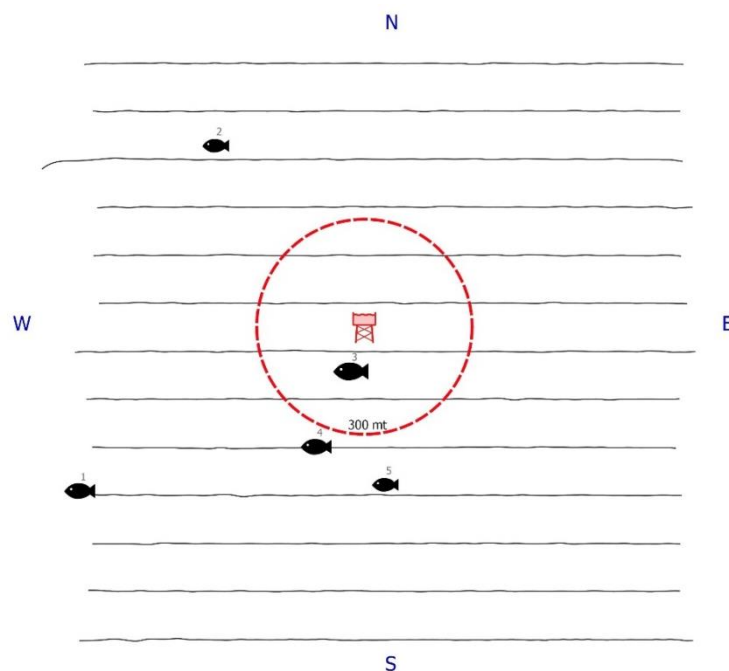
\*Sv = Volume backscattering strength

Infine, anche nel **giugno 2017** sono stati rilevati 5 banchi, tutti oltre i 300 m da Bonaccia NW eccetto il n. 3 (Tab. 2-LX e fig. 2.60). Quest'ultimo è risultato il più rilevante in termini di superficie (1164,222 m<sup>2</sup>) e volume (753,243 m<sup>3</sup>; Tab. 2-LXI), mentre le maggiori lunghezze NS ed EW sono state misurate per l'aggregazione n. 1.

Per quanto concerne la profondità, tutti i banchi sono stati rilevati entro i primi 10 dal fondo. Nella Tab. 2-LXII sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

**Tab. 2-LX** - Distanza (m) dalla struttura Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di giugno 2017. In verde il banco rilevato entro 300 m da Baonaccia NW.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	910,7
2	648,6
3	129,8
4	360,4
5	447,5



**Fig. 2.60** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel giugno 2017. Figura non in scala.

**Tab. 2-LXI** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel giugno 2017. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde l'aggregazione entro 300 m dalla struttura.

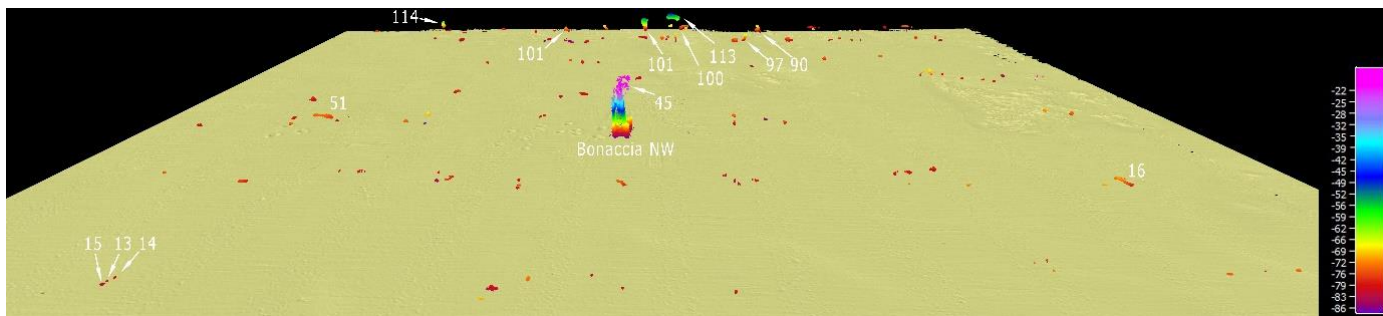
Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale (m <sup>3</sup> )
1	874,582	19,705	19,637	72,362	83,463	11,101	472,324	43°35,771'	14°19,548'	77,716	1,808	4	2,358
2	312,906	10,733	9,023	83,025	87,436	4,411	135,472	43°36,293'	14°19,823'	85,291	2,207	0	0
3	1164,222	18,215	17,605	69,933	77,001	7,068	753,243	43°35,955'	14°20,107'	73,519	1,528	11	8,175
4	672,318	14,707	15,343	71,815	78,969	7,154	371,949	43°35,841'	14°20,036'	75,805	1,808	1	0,362
5	358,081	13,501	10,384	81,471	85,804	4,333	199,848	43°35,784'	14°20,180'	83,640	1,792	0	0

**Tab. 2-LXII** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel giugno 2017. In verde l'aggregazione entro 300 m dalla struttura.

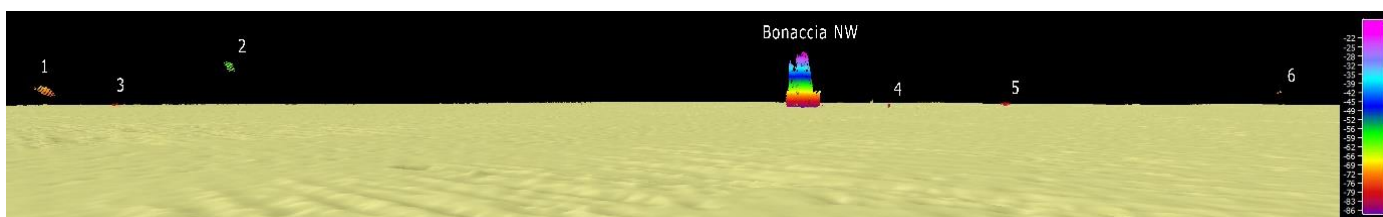
Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-19,739	1515	18	445	-34,856	-6,823	106,191
2	-24,786	400	10	131	-34,856	-14,823	33,218
3	-24,673	2957	16	542	-34,988	-13,683	34,098
4	-24,090	1028	12	238	-34,979	-12,085	38,992
5	-24,137	582	11	165	-34,790	-15,722	38,576

\*Sv = Volume backscattering strength

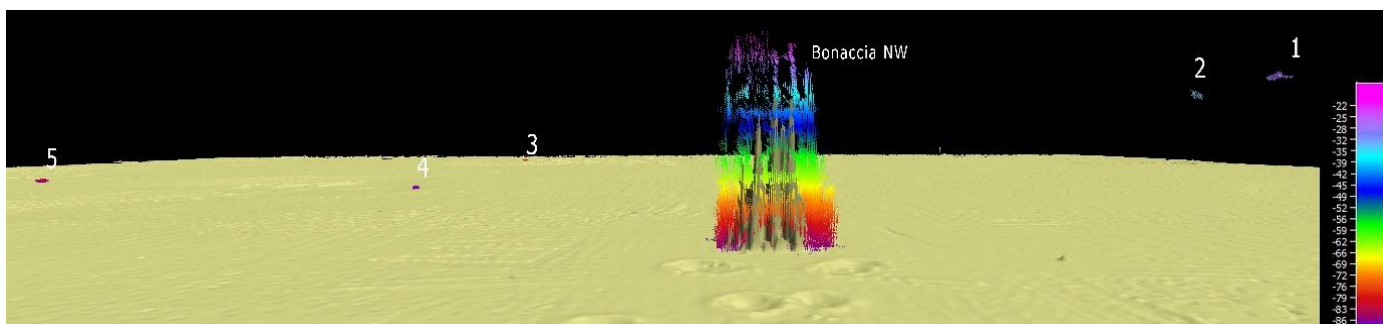
Di seguito si riportano alcuni esempi di rappresentazioni tridimensionali delle aggregazioni di pesce rilevate nei campionamenti sopra descritti (figg. 2.61 - 2.65). Tali immagini permettono una percezione spazio-temporale dei singoli banchi nell'ambiente circostante la struttura.



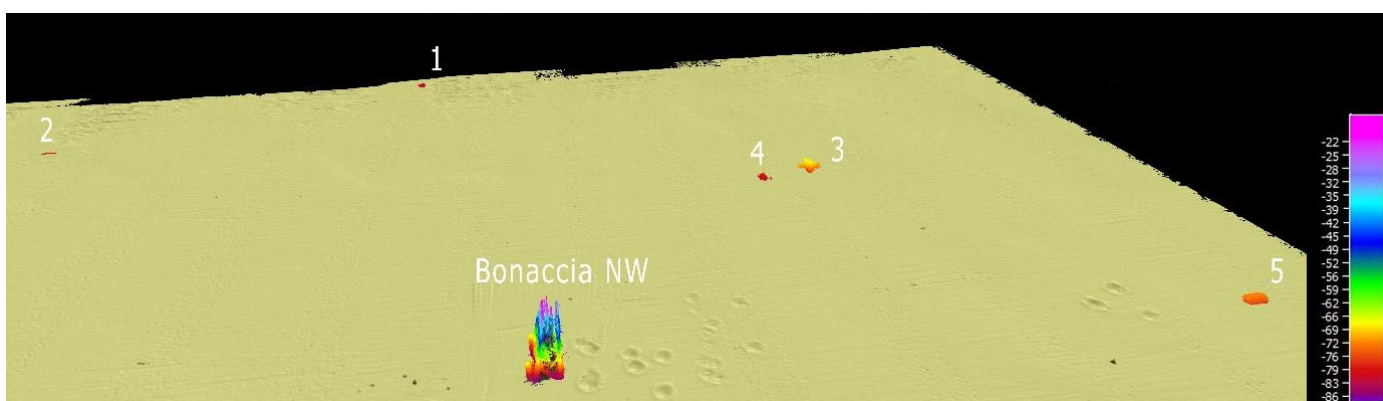
**Fig. 2.61** – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce del **febbraio 2017**. Al centro Bonaccia NW; sono stati numerati i banchi più rilevanti per dimensioni o quelli citati nel testo.



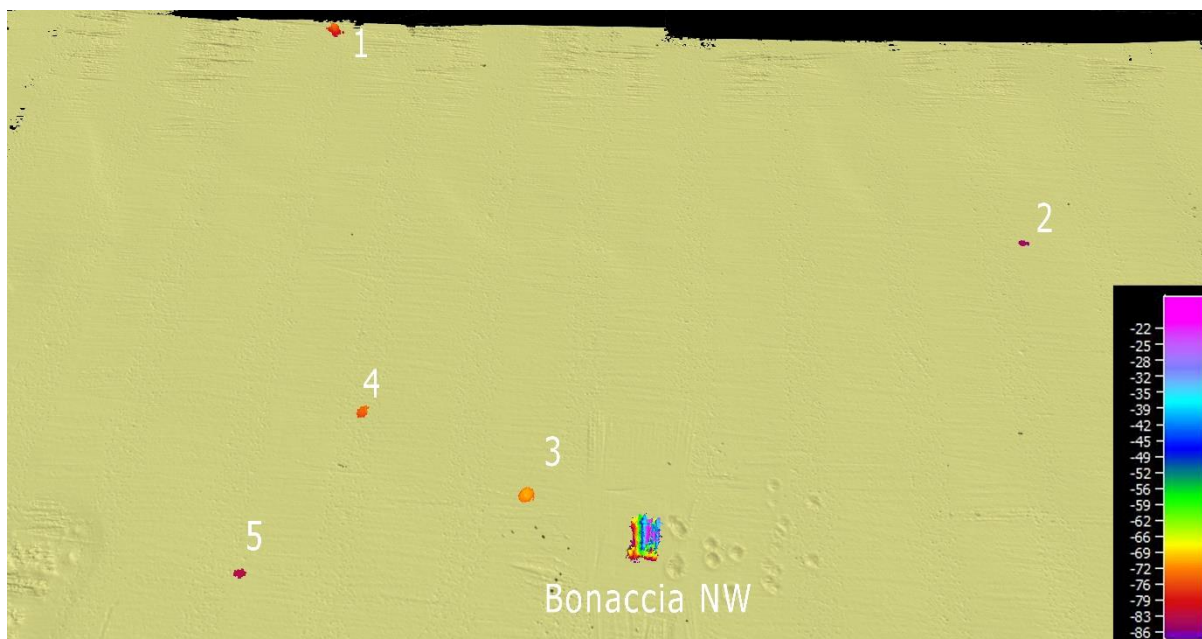
**Fig. 2.62** – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce del **marzo 2017**. E’ visibile la la piattaforma.



**Fig. 2.63** – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui è stato individuato i banchi di pesce nell’**aprile 2017**. Dettaglio in prossimità della piattaforma Bonaccia NW.



**Fig. 2.64** – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce nel **maggio 2017**. In basso è visibile la piattaforma.

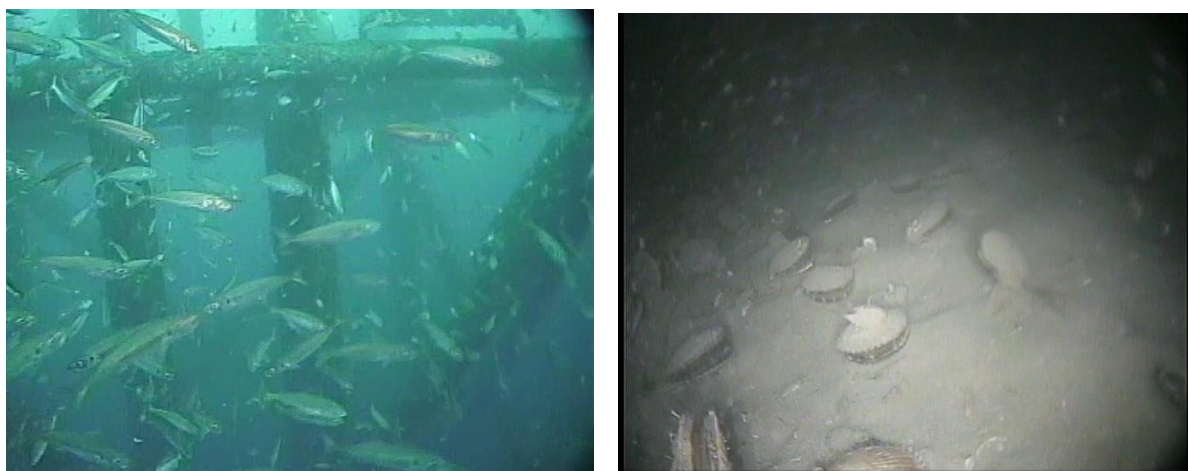


**Fig. 2.65** – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce nel **giugno 2017**. Nella porzione in basso dell’immagine è visibile Bonaccia NW.

### 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 non hanno individuato alcun banco in prossimità della piattaforma nei mesi di **gennaio, maggio e giugno**.

A **febbraio** sono state identificate specie pelagiche (PA) come *B. boops* e *T. trachurus* a varie profondità comprese tra 15 e 45 m (figg. 2.66) raggruppate in grossi banchi. Il fondale adiacente alla piattaforma è apparso caratterizzato dalla presenza di molluschi bivalvi pectinidi, ma non vi sono state individuate specie ittiche.



**Fig 2.66** – Febbraio 2017. Pesce pelagico di varie specie attorno alla piattaforma tra cui sono distinguibili esemplari di *T. trachurus* e *B. boops* (sinistra) e immagine del fondale privo di pesce ma con numerosi esemplari di bivalvi pectinidi (destra).

A **marzo** la scarsa visibilità non ha consentito l'acquisizione di immagini nitide; tuttavia, sono state rilevate specie ittiche pelagiche i cui esemplari apparivano sparsi e poco aggregati (fig. 2.67 sinistra). In prossimità del fondale non sono stati rinvenuti esemplari come nel mese precedente (fig. 2.67 destra).



**Fig 2.67** – Marzo 2017. Pesce pelagico poco aggregato rilevato in prossimità dei pali della piattaforma (a destra) e immagine del fondale privo di pesce (sinistra).

Nell'**aprile 2017** (fig. 2.68) a una profondità di circa 25 m è stato rilevato un grosso banco di pesce pelagico di piccola pezzatura riconducibile a *T. trachurus*.



**Fig. 2.68** – Aprile 2017. Esemplari riconducibili a differenti specie pelagiche aggregati attorno ai pali della struttura.

### **2.2.7. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI**

Nel 1° semestre 2017 non è avvenuto alcun avvistamento di cetacei nell'area indagata analogamente a tutto il 2016 (Fabi *et al.*, 2017b).



### 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 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; 2002a; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016; 2017a); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Bonaccia NW. Per quanto concerne quest'ultima, 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 sommerse della 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 periodo gennaio - giugno 2017, corrispondente al 1° semestre del 2° anno della fase di produzione della struttura, durante il quale sono state condotte tutte le indagini previste eccetto quelle inerenti *M.*

*galloprovincialis* poiché, poco prima del campionamento, ENI aveva provveduto alla pulizia delle parti sommerse della struttura.

**Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua** – Analogamente a quanto osservato nei periodi di indagine precedenti (Fabi *et al.*, 2017b), anche nel 1° semestre 2017 le caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua sono apparse in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998).

In superficie, la condizione tardo-invernale di gennaio è stata caratterizzata da un'instabilità che ha interessato uno strato superficiale di 20-30 m. A causa del riscaldamento stagionale lo strato omogeneo si è progressivamente ridotto e in maggio era presente un gradiente verticale di circa 6°C tra la superficie e il fondo. In tutti i tre monitoraggi è stato osservato uno strato a salinità relativamente più basse a profondità intermedie o in prossimità del fondo. 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, la concentrazione di ossigeno disciolto era presente con percentuali di saturazione comprese tra l'89% e il 106%, in diminuzione verso il fondo. Non sono state osservate condizioni ipossiche o anossiche durante il periodo considerato.

Le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). I nitrati, ammoniaca e ortosilicati hanno avuto valori più elevati in gennaio.

I picchi di attività fotosintetica rilevati in superficie a gennaio, come evidenziato dai profili di fluorescenza *in situ*, sono diventati via via più profondi e in maggio sono risultati presenti a 60 m. I pigmenti clorofilliani sono rientrati nel range dei valori osservati per l'Adriatico centrale (Totti *et al.*, 2000). La concentrazione delle clorofille totali (esprese come Chl *a* + Chl *b* + Chl *c*) è apparsa mediamente più elevata in marzo, quando ha raggiunto un massimo di 1039,77 ng/l. Il contributo della Chl *b* (caratteristica delle alghe verdi, Prasinophyceae, e delle Euglenophyta) ha prevalso in gennaio e maggio, mentre la componente Chl *c* è apparsa maggiore a marzo, in relazione allo sviluppo di fioriture di diatomee che generalmente si osservano in questo periodo, come descritto anche per l'Adriatico settentrionale (Bernardi Aubry *et al.*, 2004). Il carico solido sospeso è risultato maggiore nelle acque di fondo, soprattutto a gennaio, 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 i siti localizzati a 2000 m, considerati come controllo, in generale non sono emerse differenze degne di nota per quanto riguarda le condizioni oceanografiche. Nelle stazioni a 100 m di distanza sono risultate maggiori le concentrazioni dei nitrati a gennaio e quelle dell'ammoniaca in tutte le situazioni stagionali considerate. Inoltre, tutti i pigmenti clorofilliani sono apparsi più elevati in prossimità della piattaforma a marzo, ovvero nel periodo di massima attività fotosintetica; questi aumenti possono essere in relazione alle condizioni di maggior trofismo che generalmente sono presenti in prossimità di tale tipologia di strutture offshore (Fabi *et al.*, 2002b; Claisse *et al.*, 2014).

Per quanto riguarda la ricerca di inquinanti lungo la colonna d'acqua, l'analisi dei 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, rame (rinvenuto solo a gennaio) e indio (Canli e Furness, 1995; Dong *et al.*, 2016). Anche piombo, nichel e ferro (e talvolta cromo e zinco) sono risultati spesso non rilevabili e, in ogni caso, considerati i loro valori medi, non hanno mostrato alcuna differenza degna di nota nel confronto tra i tre diversi survey. Tra le specie chimiche rilevabili sono stati distinti fondamentalmente due differenti andamenti. L'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio hanno evidenziato la minima variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale, sia in quella verticale. Cromo, nichel, alluminio e zinco, quando presenti, sono stati invece molto più variabili, con valori del coefficiente di variabilità molto spesso superiore al 50%, pur conservando concentrazioni medie simili nei tre survey. Nel confronto tra le differenti crociere, inoltre, solo le concentrazioni di alluminio e nichel sono apparse piuttosto variabili ma mai mediamente superiori ai valori normalmente riscontrati nella zona. Altri elementi (in particolare cromo, zinco e nichel) hanno evidenziato altresì delle forti fluttuazioni, oscillando tra periodi di completa assenza e periodi di totale rilevabilità. Va tuttavia segnalato che in ogni caso i valori medi misurati durante questi ultimi periodi sono sempre apparsi molto vicini ai limiti di rilevabilità e che non costituiscono un dato da considerare dal punto di vista della contaminazione dell'ambiente marino. Infine, il bario è l'unico elemento che ha mostrato, solo a maggio, un andamento delle concentrazioni rispetto alla profondità, evidenziando spesso i valori massimi nei campioni di fondo. I dati medi di questo elemento non sono comunque risultati differenti nel confronto tra le varie crociere.

L'unica categoria di composti organici presente è stata quella degli Idrocarburi alifatici

come già nei periodi di indagine precedenti (Fabi *et al.*, 2017b), comunque caratterizzati da valori piuttosto bassi e sempre vicini al limite di rilevabilità. 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 per le acque 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).

Per quanto concerne infine eventuali peculiarità dei siti posizionati nei pressi della piattaforma (100 m) rispetto a quelli di controllo (2000 m), lo zinco a gennaio è risultato più abbondante nelle stazioni più lontane dalla piattaforma, mentre in marzo alluminio e nichel sono risultati maggiormente abbondanti in quelle vicine. Tali differenze sono tuttavia entro i limiti della naturale variabilità di questi elementi (Caccia e Millero 2003, Ji *et al.*, 2010). In conclusione, nei periodi di osservazione in tutta l'area esaminata non è stato evidenziato alcun fenomeno di contaminazione ambientale in relazione alla presenza di Bonaccia NW. Infatti, i trend osservati per alcune specie chimiche sono per lo più da imputare alla loro naturale variabilità e ai cambiamenti delle condizioni idrologiche e meteorologiche della zona.

**Misure correntometriche** – Analogamente al 1° semestre 2016 (Fabi *et al.*, 2017b), anche nei primi sei mesi del 2017 le correnti misurate in prossimità di Bonaccia NW sono risultate prevalentemente dirette verso N/NW con frequenti rotazioni che hanno caratterizzato tutto il periodo. L'intensità è sempre stata modesta, raggiungendo al massimo 0,3 m/s.

**Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti** – I sedimenti campionati lungo i transetti nell'inverno 2017 sono risultati composti in prevalenza da sabbia eccetto quelli prelevati a 250 m di distanza dalla piattaforma verso SE (sito A8) dove ha prevalso la componente pelitica. La pelite è apparsa dominata dalla frazione siltosa mai inferiore al 20%. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b), i comportamenti sono risultati variabili sia lungo i transetti, sia nei controlli. Non è stato identificato alcun pattern relazionabile alla presenza della piattaforma.

Per quanto concerne la presenza di inquinanti, l'area di indagine è caratterizzata da basse concentrazioni di tutti gli elementi chimici ricercati. Dal pre-survey all'ultimo campionamento solo in sporadiche, trascurabili occasioni sono stati rilevati tenori dei metalli pesanti maggiori del LCRN. Inoltre, il confronto dei dati raccolti nell'intero

periodo testimonia l'assenza di alterazioni dovute alla presenza di Bonaccia NW. L'unico, parziale indizio, riguarda il bario che è incrementato presso la struttura e a 30 m da essa verso SE (sito A5). Al momento i tenori sono ancora bassi per indicare contaminazione, ma potrebbero rappresentare l'inizio di un progressivo accumulo di questo metallo nei sedimenti circostanti Bonaccia NW.

Le concentrazioni degli IPA totali sono apparse modeste, molto inferiori all'LCB indicato in ICRAM-APAT (2007), ma nell'ultimo campionamento è avvenuto un diffuso incremento che, comunque, ha coinvolto anche i controlli e pertanto non è relazionabile alla presenza della piattaforma. Per quanto concerne i singoli composti, solo il Naftalene ha superato il corrispondente LCB in diversi siti inclusi tre riferimenti.

Nell'inverno 2017 gli Idrocarburi totali leggeri non sono stati quantificati analogamente al periodo di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2017b). I pesanti hanno raggiunto ovunque basse concentrazioni, inferiori a quelle del pre-survey. Infine, nulla da segnalare per sostanza organica e TOC.

**Ecotossicologia dei sedimenti** – Nel 3° monitoraggio post installazione della piattaforma Bonaccia NW condotto nell'inverno 2017 i saggi biologici con *Dunaliella tertiolecta* e *Vibrio fischeri* hanno confermato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata già osservata sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b). Un lieve miglioramento rispetto all'estate 2016, quando era stata rilevata una tossicità bassa più diffusa, è stato osservato per la sopravvivenza di *Corophium orientale*, essendo stata registrata una tossicità bassa solo nel sito a 60 m a NE dalla piattaforma (B3). Un netto miglioramento dal monitoraggio precedente è stato osservato per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*, risultato lievemente compromesso solo in due controlli.

I risultati del test di bioaccumulo eseguito utilizzando esemplari di *Hediste diversicolor* hanno evidenziato una biodisponibilità diffusa solo di nichel e mercurio (quest'ultimo rilevato anche nel pre-survey) sia nell'area della piattaforma che nei controlli, oltre che di silicio, vanadio e bario in piattaforma (il bario anche in un controllo). Tutti gli altri metalli o non sono stati quantificati, oppure hanno raggiunto concentrazioni inferiori o comparabili con quelle del bianco.

**Comunità bentonica** – Come già osservato precedentemente (Fabi *et al.*, 2017b), le comunità rinvenute nel 3° 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.

Anche nell'inverno 2017 è stata riscontrata una predominanza di specie tipiche di fondali

limicoli, seguite dai taxa indicatori di materia organica nei sedimenti e da quelli sabulicoli. Tuttavia, in corrispondenza della piattaforma è stata rilevata una cospicua presenza di specie tipiche di fondali rocciosi o ecologicamente legate ad essi quali, ad esempio, *A. ephippium*, *Galathea intermedia*, *Hiatella arctica*, *Bittium lareillii*, *Hydroides norvegicus*, *Filograna* sp. e *N. cochlear*. Allontanandosi da Bonaccia NW, il popolamento bentonico è apparso invece dominato dai policheti paraonidi, seguiti da *A. filiformis*, *P. callipae* e *O. cylindricaudata*, analogamente ai controlli.

Gli indici biotici sono apparsi abbastanza omogenei eccetto in corrispondenza della piattaforma e a 30 m da essa (tranne verso NE; sito B4), in cui sono stati registrati valori di Densità, Ricchezza specifica totale e media più elevati rispetto alle stazioni di controllo a causa del rinvenimento di numerose specie secondarie.

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. Risulta particolare la comunità bentonica associata al sito BO SE risultata fortemente dominata, come già detto, da specie tipiche di substrato duro e, in particolar modo, dal mollusco bivalve *N. cochlear*. La peculiarità del popolamento rinvenuto questo sito risulta ben evidente sia dall'MDS, che lo ha isolato dalle restanti stazioni, che dall'applicazione degli indici ecologici che hanno attribuito a questo sito uno stato ecologico compreso tra alto e buono.

**Comunità ittica** – La comunità ittica rinvenuta nel 1° semestre 2017 nei pressi di Bonaccia NW è apparsa più ricca in specie e caratterizzata da rendimenti di pesca più elevati rispetto alle zone di controllo, confermando quindi un effetto attrattivo della struttura sulla fauna ittica già rilevato nel 1° anno di indagini (Fabi *et al.*, 2017b). 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 tre specie pelagiche che hanno influenzato le catture sia in termini numerici che ponderali, come *Boops boops*, *Trachurus picturatus* e *Trachurus trachurus*, le quali sono parzialmente attratte dai substrati duri e sono state censite in tutto il periodo d'indagine in quantità importanti in alcuni mesi. L'abbondante presenza di questi taxa presso Bonaccia NW, così come il rinvenimento di specie sia attratte (*O. vulgaris*, *M. surmuletus*, *S. notata*, *S. porcus* e *S. scrofa*) che parzialmente attratte dai substrati duri (*E. cirrhosa*, *T. minutus*

*capelanus*, *T. mediterraneus* e *S. japonicus*) è imputabile a vari fattori, tra cui l'effetto tigmotropico esercitato dalla piattaforma (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).

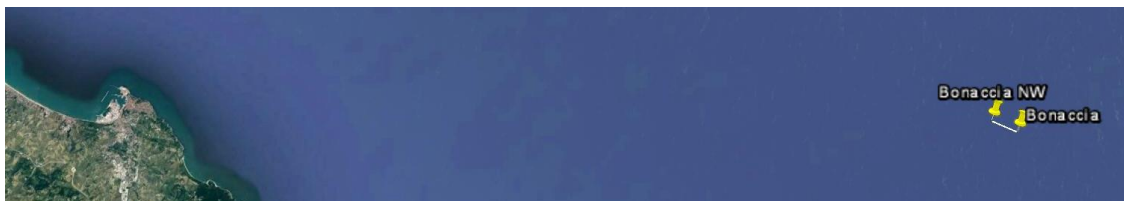
Anche nelle aree di controllo è stata rilevata la presenza di specie attratte da fondali rocciosi, ma in quantitativi decisamente inferiori rispetto alla piattaforma; ciò è presumibilmente dovuto alla particolare conformazione della zona, caratterizzata dalla presenza di concrezioni biogeniche (Bertarini e Cabras, 2008) simili alle Tegnùe dell'Alto Adriatico.

I dati acustici collezionati nel 1° semestre 2017 hanno mostrato una particolare scarsità di pesce nell'area indagata, a parte nel mese di febbraio in cui sono stati individuati 114 banchi. In riferimento ai dati raccolti tramite il sistema MBES, sulla base della letteratura e dalle riprese tramite telecamera, oltre che dai campionamenti di pesca, si può ipotizzare che i banchi individuati nei primi 10 m dal fondale e nelle vicinanze della piattaforma, come gran parte delle aggregazioni rilevate in febbraio (es. n. 22, 23, 27, 42 e 44) e i banchi nn. 4 e 5 di marzo possano appartenere a specie necto-bentoniche PA come *T. minutus capelanus* o *P. bogaraveo*. Tali specie sono state catturate con i campionamenti di pesca ma non sono state riscontrate con la telecamera a causa della scarsa visibilità che ha permesso un modestissimo raggio di indagine. Probabilmente riconducibili a specie pelagiche PA come *T. trachurus* o *B. boops* sono il banco n. 45 di febbraio, il n. 3 di giugno e i n. 4 e 5 di marzo, rilevati a profondità meno elevate (dalla superficie fino a 77 m circa), sempre in prossimità di Bonaccia NW.

Nelle zone periferiche rispetto all'impianto di estrazione sono state osservate aggregazioni molto estese in volume e superficie quali le n. 101 e 113 di febbraio, le n. 3 e 5 di maggio o la n. 1 di giugno, presumibilmente rappresentate da pelagici NA quali *E. encrasicolus*. Altre aggregazioni sondate a profondità elevate sono riconducibili a *Pagellus* spp. o *T. minutus capelanus* (es.: n. 13, 14 e 15 di febbraio, n. 1 e 2 di maggio e n. 2 e 5 di giugno).

### 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. Il pre-survey è stato condotto nell'inverno 2015, mentre i monitoraggi post lavori sono stati effettuati a partire dall'inverno 2016 (Fabi *et al.*, 2017b).



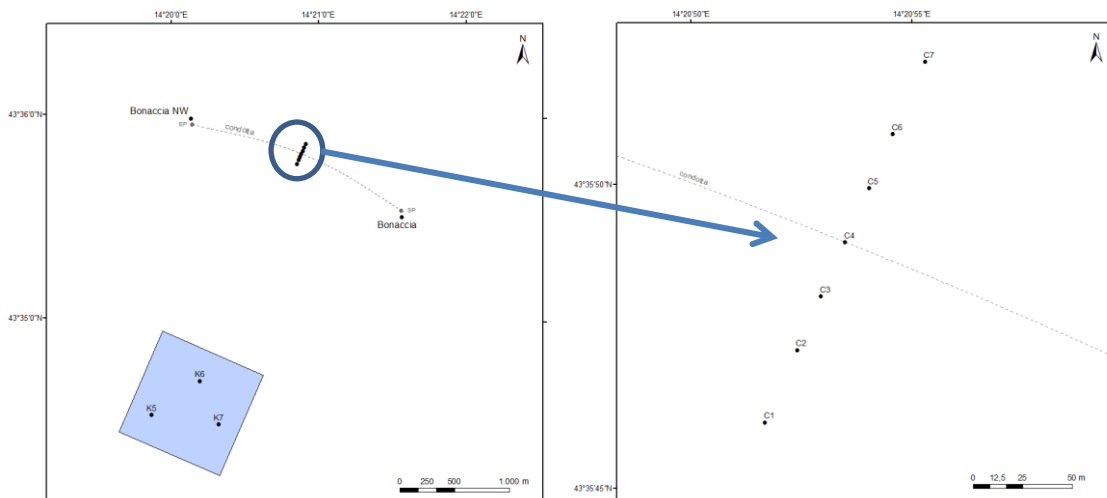
**Fig. 3.1** - Sea-line collegante le piattaforme Bonaccia NW e Bonaccia.

#### 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 un transetto perpendicolare alla condotta stessa e quindi orientato in direzione SW-NE, posto a circa metà della sua lunghezza (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 n. 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 campionate nell'inverno 2017, ovvero nel 3° survey post lavori di installazione, sono riportate in Tab. 3-I. 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. 2.1.1.3.

**Tab. 3-I** - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 3 ° 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°35'883N 14°21'035E	88,0
C2	60	SW	43°35'850N 14°21'036E	87,5
C3	30	SW	43°35'880N 14°21'054E	87,3
C4	0	-	43°35'803N 14°21'043E	87,9
C5	30	NE	43°35'811N 14°20'978E	87,2
C6	60	NE	43°35'784N 14°20'993E	88,2
C7	100	NE	43°35'769N 14°20'964E	88,0
K5	2000	SW	43°34'700N 14°20'009E	86,7
K6	2000	SW	43°34'901N 14°19'868E	86,8
K7	2000	SW	43°34'818N 14°19'686E	86,5

### 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 di controllo (K6). L'eventuale tossicità dei sedimenti nei confronti degli organismi marini è stata valutata tramite l'applicazione della medesima batteria di saggi adottata per la piattaforma (vedi Cap. 2.1.1.4). La ricerca di inquinanti in esemplari di *Hediste diversicolor* ha riguardato i medesimi metalli ricercati per l'area circostante la piattaforma.

### 3.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

Per ogni aspetto indagato 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 sarebbero stati posizionati a salvaguardia del sea-line, ha esplicitamente richiesto le analisi anche di altri 7 elementi (manganese, magnesio, titanio, gallio, zirconio, stagno e zirconio; nota del 11/09/2015 - Prot. 0030430). Le concentrazioni di tutti i metalli aggiuntivi sono state ottenute mediante tecnica ICP-AES seguendo la metodica EPA 6010C (2007c).

## 3.2. RISULTATI

### 3.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

#### 3.2.1.1 Granulometria

All'analisi macroscopica i campioni prelevati nell'inverno 2017 si presentavano ossigenati e inodori, senza evidenti distinzioni tra di loro (fig. 3.3). E' stata rilevata la presenza di residui conchigliari in C4, mentre solo in C1 sono state osservate lievi strie nerastre. I campioni C5 e K7 erano contraddistinti da una superficie irregolare.

L'analisi granulometrica ha classificato i sedimenti analizzati lungo il transetto talvolta come sabbia siltosa (C2, C3, C6 e C7), talvolta come loam (C1 e C4; Tab. 3-II). Solo C5 è stato classificato come silt sabbioso (All. B). Tutti i controlli, caratterizzati da una maggiore percentuale di sabbia rispetto ai siti C, raggiungendo il massimo assoluto in K6 (70,85%), sono stati classificati come sabbia siltosa. Rispetto al survey precedente (Fabi *et al.*, 2016b) è avvenuto un decremento di sabbia in C2 e C3 di circa il 10%, compensato da un simile aumento di silt. Una riduzione ancora maggiore di sabbia è stata osservata in K5 (circa -14%), compensata anche in questo caso da un incremento di silt. Comportamento opposto, e inferiore in termini quantitativi, è stato osservato in K7 e, in minor misura, in C4 e C5.

Rispetto al pre-survey C4 e K6 hanno mostrato comportamenti opposti. Nel primo caso la sabbia si è ridotta di quasi il 25% con conseguente aumento soprattutto di silt. In K6, invece, la sabbia è incrementata quasi di 11 punti percentuali a fronte di un calo di silt e argilla (rispettivamente -2% e -9%).

**Tab. 3-II** - Percentuali delle principali frazioni granulometriche nell'inverno 2017. In rosso il sito corrispondente al sea-line.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Shepard
		Silt	Argilla	
C1	30,39	46,22	23,40	Loam
C2	42,73	37,38	19,89	Sabbia siltosa
C3	45,04	37,67	17,28	Sabbia siltosa
C4	38,31	39,84	21,85	Loam
C5	37,79	43,30	18,92	Silt sabbioso
C6	45,21	37,02	17,78	Sabbia siltosa
C7	49,86	33,70	16,44	Sabbia siltosa
K5	56,00	31,63	12,37	Sabbia siltosa
K6	70,85	20,87	8,28	Sabbia siltosa
K7	62,36	25,95	11,69	Sabbia siltosa

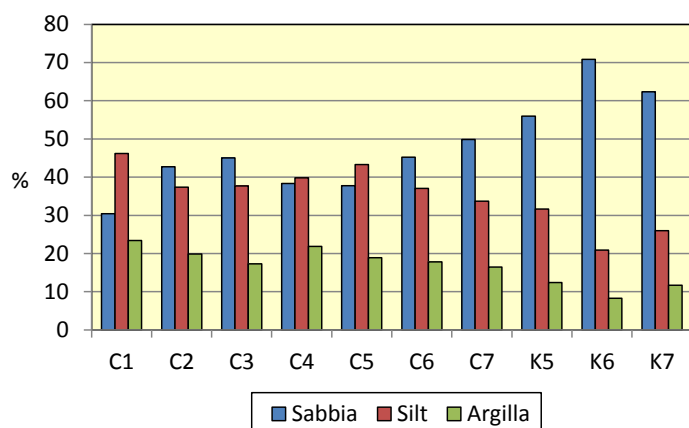


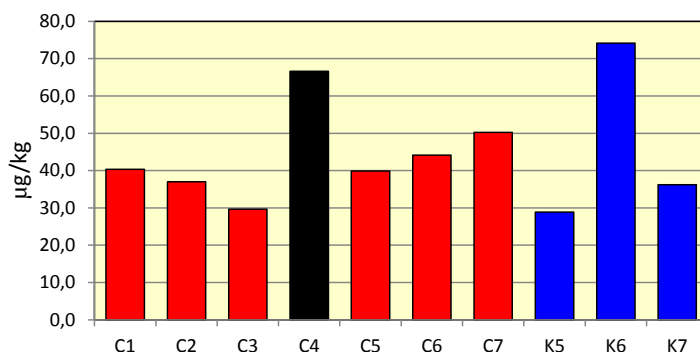
Fig. 3.3 - Ripartizione delle classi granulometriche (%) relativa al 3° survey post lavori.

### 3.2.1.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

Nell'inverno 2017 (Tab. 3-III) la maggior parte di composti ricercati era presente in tutti i siti ma con tenori sempre ampiamente inferiori al proprio LCB indicato da ICRAM-APAT (2007). Sporadicamente presenti sono risultati il Benzo(g,h,i) perilene (C1 e C4) e il Naftalene (C1, C2, C5 e K6). Antracene, Dibenzo(a, h)antracene, Fenantrene e Fluorantene non sono stati rilevati affatto. Di conseguenza gli IPA totali sono apparsi diffusamente bassi e ampiamente inferiori all'LCB. Inoltre, tutte le concentrazioni lungo il transetto sono apparse inferiori al controllo K6. Rispetto ai survey precedenti (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuto un incremento di IPA totali ovunque, consentendo di affermare che il trend osservato è indipendente dalla presenza della condotta.

Tab. 3-III - Concentrazioni degli IPA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) rilevate nell'inverno 2017. Il sito posto sulla condotta sottomarina è evidenziato 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). LQ = limite di rilevabilità strumentale.

	LCB	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Acenaftene	7	3,6	3,8	1,4	4,3	3,1	3,4	3,9	3,8	4,7	1,9
Acenaftilene		1,4	1,5	1,0	2,1	1,3	1,5	1,6	1,5	2,0	1,2
Antracene	47										
Benzo (a) antracene	75	1,4	1,6	1,6	2,7	1,5	2,2	2,4	1,6	2,1	1,8
Benzo (a) pirene	80	1,4	1,7	1,6	2,6	1,5	2,1	2,3	1,7	2,1	1,9
Benzo (b) fluorantene	40	8,1	7,6	7,5	16,8	8,3	10,1	12,1	5,0	7,9	9,5
Benzo (g, h,i) perilene	55	0,8			1,6						
Benzo (k) fluorantene	20	8,5	8,1	8,0	17,3	8,7	10,8	12,7	5,8	8,6	10,1
Crisene	108	2,1	1,8	1,8	4,2	2,0	2,6	2,9	1,2	2,1	2,1
Dibenzo (a, h)antracene	6										
Fenantrene	87										
Fluorantene	113										
Fluorene	21	4,6	5,4	2,9	6,4	4,5	5,9	6,1	5,8	7,0	3,5
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	2,8	2,5	2,5	5,6	2,5	3,4	4,0	1,2	2,0	2,4
Naftalene	35	4,2	1,5			4,9				33,5	
Pirene	153	1,5	1,5	1,5	3,0	1,5	2,0	2,2	1,2	2,2	1,7
<b>IPA Totali</b>	<b>900</b>	<b>40,3</b>	<b>37,0</b>	<b>29,6</b>	<b>66,6</b>	<b>39,9</b>	<b>44,1</b>	<b>50,3</b>	<b>28,9</b>	<b>74,2</b>	<b>36,2</b>



**Fig. 3.4** - Concentrazioni degli IPA (µg/kg s.s.) nei sedimenti prelevati nel 3° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza del sea-line.

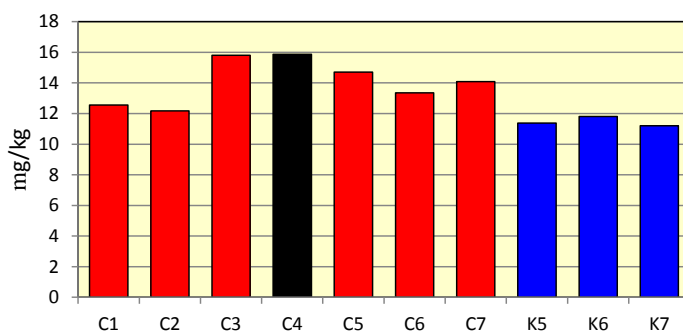
### 3.2.1.3 Idrocarburi totali

Analogamente ai monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2017b), anche nell'inverno 2017 gli idrocarburi totali leggeri (C<12) non sono stati rilevati.

Gli idrocarburi pesanti (C>12), risultati assenti in entrambi i campionamenti del 2016 ma rilevati nel pre-survey, sono risultati lievemente maggiori lungo il transetto rispetto ai controlli ma ovunque le concentrazioni sono apparse modeste (Tab. 3-IV; fig. 3.5), notevolmente inferiori a quelle registrate nel pre-survey. Al momento si conferma l'assenza di effetti da parte della condotta sottomarina.

**Tab. 3-IV** - Concentrazioni degli Idrocarburi totali (mg/kg s.s.) nei sedimenti prelevati nell'inverno 2017. La stazione posta in corrispondenza della condotta sottomarina è evidenziata in rosso.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Idrocarburi C<12	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Idrocarburi C>12	12,6	12,2	15,8	18,9	14,7	13,4	14,1	11,4	11,8	11,2



**Fig. 3.5** - Concentrazioni degli Idrocarburi totali C>12 (mg/kg s.s.) nei sedimenti prelevati nell'inverno 2017. C4 = sito posto in corrispondenza del sea-line.

### 3.2.1.4 Metalli pesanti

Le concentrazioni dei metalli rilevate nell'inverno 2017 sono riportate in Tab. 3-V e in fig. 3.6. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai Livelli Chimici di

Riferimento Nazionali (di seguito LCRN) indicati nel DM 173 2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità (SQA) riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale (50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

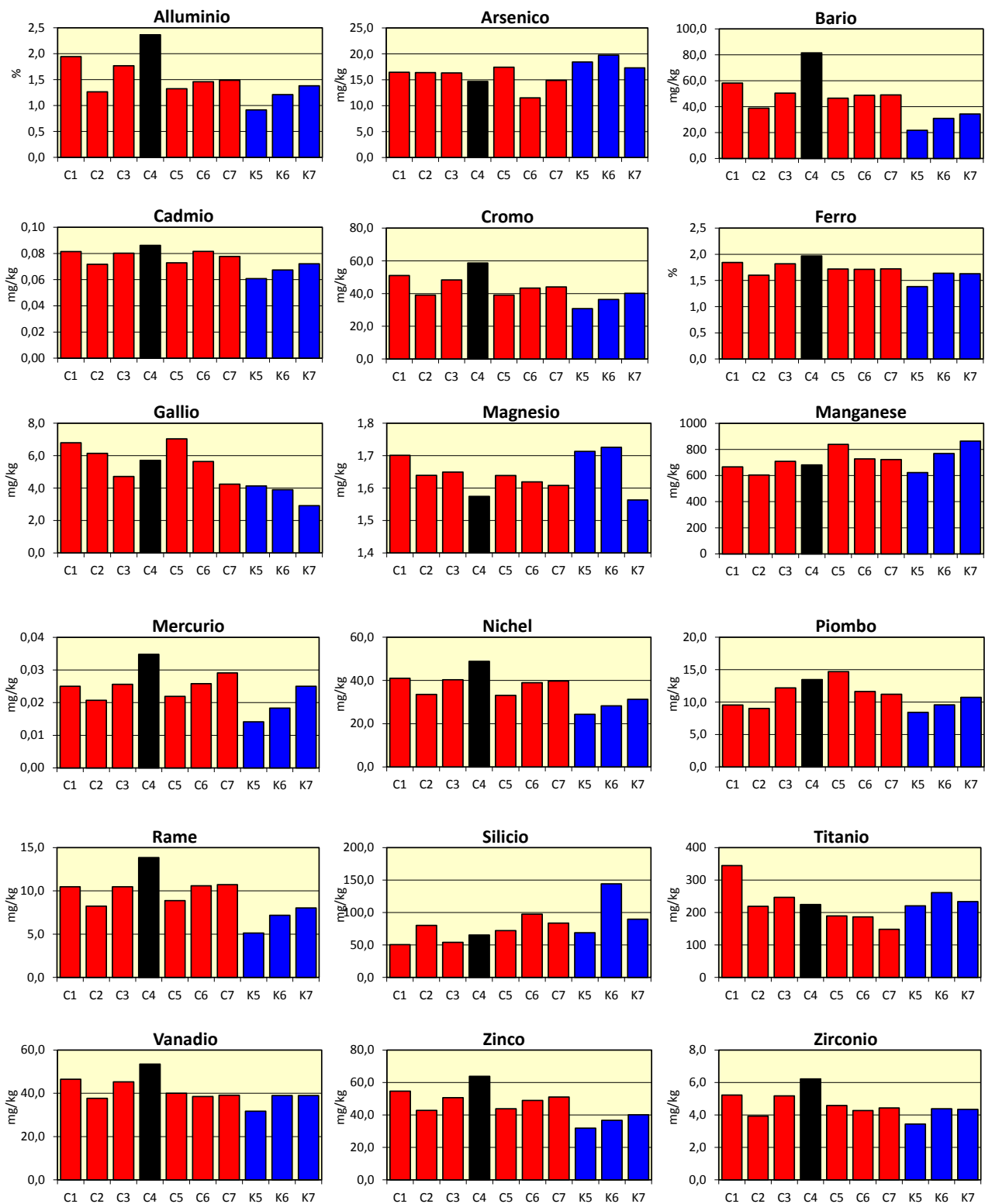
**Alluminio** - L'alluminio è stato rilevato in concentrazioni modeste, in linea o maggiori lungo il transetto rispetto ai controlli. In picco è stato registrato presso la condotta (2,3%) dove però il tenore è ancora basso e insufficiente per indicare uno stato di alterazione. Tuttavia, rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) l'alluminio è incrementato maggiormente in C4 rispetto a K6. Solo i monitoraggi successivi potranno chiarire se quanto osservato rappresenta l'inizio di un graduale incremento del metallo presso il sea-line.

**Arsenico** - Lungo C i tenori dell'arsenico sono risultati inferiori o in linea con i controlli e mediamente ( $\pm$  dev.st.; il sito C4 è incluso nella media del transetto) confrontabili (C:  $15,38 \pm 1,96$ ; K:  $18,50 \pm 1,23$  mg/kg). Ovunque eccetto in C6 è stato leggermente superato l'LCRN. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) l'arsenico è aumentato ovunque, indicando l'estraneità della condotta a tale comportamento.

**Bario** - Le concentrazioni di bario relative all'inverno 2017 sono in generale apparse modeste, ma maggiori nei siti C rispetto ai controlli con un picco in C4 (81,57 mg/kg) quasi triplo rispetto alla media dei riferimenti ( $29,08 \pm 6,57$  mg/kg). Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) questo metallo è quasi raddoppiato in C4 mentre in K6 è aumentato di circa il 18%; ciò potrebbe indicare l'inizio di un effetto del sea-line su questo elemento.

**Cadmio** - Le concentrazioni di cadmio relative all'inverno 2017 sono risultate diffusamente basse, mediamente confrontabili tra i due gruppi di stazioni (C:  $0,0079 \pm 0,005$ ; K:  $0,067 \pm 0,006$  mg/kg) e tutte notevolmente inferiori all'LCRN come precedentemente (Fabi *et al.*, 2017b). Rispetto al pre-survey si registra una trascurabile flessione dei valori.

**Cromo** - Lungo il transetto le concentrazioni di cromo sono apparse quasi tutte superiori rispetto ai controlli, anche se mediamente non sono state rilevate differenze a causa della variabilità tra i campioni del transetto (C:  $46,22 \pm 7,05$ ; K:  $35,79 \pm 4,73$  mg/kg). Il picco è stato registrato in C4 (58,66 mg/kg), unico caso assieme a C1 di superamento dell'LCRN. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) sono avvenuti un lieve aumento in C4 e una lieve riduzione in K6.



**Fig. 3.6** - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) nei sedimenti prelevati nell'inverno 2017. C4 = sito posto in corrispondenza del sea-line. Non sono riportati indio e stagno in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

**Tab. 3-V** - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s. Al e Fe espressi in %) nei sedimenti campionati nell'inverno 2017. In rosso la stazione posta sulla condotta.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	G	In	Mg	Mn	Hg
C1	1,94	16,45	58,24	0,082	51,02	1,84	6,79	<0,02	1,70	667,02	0,025
C2	1,26	16,38	38,93	0,072	39,04	1,60	6,14	<0,02	1,64	603,45	0,0207
C3	1,77	16,34	50,42	0,080	48,31	1,82	4,71	<0,02	1,65	708,60	0,0256
C4	2,37	14,68	81,57	0,086	58,66	1,97	5,70	<0,02	1,57	681,08	0,0348
C5	1,33	17,44	46,63	0,073	39,05	1,72	7,03	<0,02	1,64	838,41	0,0219
C6	1,46	11,51	48,89	0,082	43,40	1,71	5,64	<0,02	1,62	727,85	0,0258
C7	1,49	14,87	49,16	0,078	44,06	1,72	4,24	<0,02	1,61	722,04	0,0291
K5	0,92	18,45	21,74	0,061	30,79	1,38	4,13	<0,02	1,71	622,76	0,0141
K6	1,21	19,76	31,04	0,067	36,41	1,64	3,90	<0,02	1,73	768,85	0,0183
K7	1,38	17,29	34,44	0,072	40,18	1,63	2,91	<0,02	1,56	863,37	0,025

	Ni	Pb	Cu	Si	St	T	V	Zn	Zr	Ossido di Zr
C1	40,99	9,54	10,48	50,58	<1,20	344,71	46,53	54,65	5,22	<7,05
C2	33,54	9,04	8,23	80,30	<1,20	219,31	37,69	42,78	3,93	<5,31
C3	40,33	12,18	10,47	54,17	<1,20	246,74	45,31	50,69	5,18	<6,99
C4	48,85	13,48	13,85	65,49	<1,20	224,82	53,51	63,83	6,22	<8,40
C5	33,13	14,71	8,88	72,09	<1,20	189,59	40,05	43,85	4,59	<6,19
C6	38,94	11,62	10,59	97,41	<1,20	186,65	38,54	48,90	4,27	<5,77
C7	39,69	11,20	10,71	83,59	<1,20	148,50	39,10	51,07	4,43	<5,98
K5	24,35	8,41	5,14	68,79	<1,20	220,72	31,75	31,88	3,43	<4,64
K6	28,30	9,58	7,18	144,14	<1,20	261,31	38,97	36,70	4,38	<5,91
K7	31,27	10,74	8,02	89,78	<1,20	233,65	38,95	40,11	4,34	<5,87

**Ferro** - Il ferro è apparso omogeneamente distribuito, con valori medi confrontabili tra transetto ( $1,77\pm 0,12\%$ ) e controlli ( $1,55\pm 0,14\%$ ). Anche in questo caso il massimo è stato rilevato in C4 (1,97%), ma la differenza con la media dei controlli è trascurabile. Le variazioni rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) sono lievi.

**Gallio** - Le concentrazioni di questo metallo sono apparse variabili tra i siti C e quasi ovunque superiori rispetto a quelle dei controlli. Dal confronto con i dati del pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuto un lieve incremento in C4.

**Indio** - L'indio è stato rilevato unicamente nel 1° survey post lavori in tre stazioni del transetto e in un controllo (Fabi *et al.*, 2017b).

**Magnesio** - Il magnesio è apparso omogeneamente distribuito nell'area indagata, come indicato dai valori medi (C:  $1,63\pm 0,04$ ; K:  $1,67\pm 0,09$  mg/kg). Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) questo metallo ha subito una leggera, trascurabile flessione.

**Manganese** - I valori di manganese registrati lungo il transetto sono oscillati nel medesimo intervallo dei riferimenti. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) anche il manganese ha mostrato una trascurabile flessione.

**Mercurio** - I valori di mercurio sono risultati molto bassi, notevolmente inferiori all'LCNR; anche il picco registro in C4 (0,0035 mg/kg) è quasi 10 volte inferiore

all'LCRN, per cui le differenze tra sito e sito sono da ritenere del tutto trascurabili. Non si registrano differenze apprezzabili neanche rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b).

**Nichel** - Il nichel è risultato più elevato nei siti C ( $39,35 \pm 5,27$  mg/kg) rispetto ai controlli ( $27,97 \pm 3,47$  mg/kg). Anche in questo caso il massimo ( $48,85$  mg/kg) è stato rilevato in corrispondenza della condotta. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) sono avvenuti un aumento in C4 e una riduzione in K6, sebbene complessivamente si tratti di oscillazioni modeste che non consentono, al momento, di definire uno stato perturbato. Va comunque segnalato che i tenori sono risultati quasi sempre superiori all'LCRN, soprattutto nell'area interessata dalla presenza della condotta.

**Piombo** - Il contenuto di piombo è risultato modesto, ampiamente inferiore all'LCRN come già precedentemente (Fabi *et al.*, 2017b), tanto che anche le differenze tra sito e sito sono da ritenere trascurabili. Le concentrazioni maggiori sono state rilevate entro 30 m dal sea-line con un picco in C5 che, comunque, è ancora troppo modesto per essere considerato anomalo sia per il valore, sia perché è solo trascurabilmente maggiore rispetto ai tenori registrati prima della posa della condotta.

**Rame** - Anche le concentrazioni di rame sono apparse molto modeste, notevolmente inferiori all'LCRN, ma superiori lungo il transetto rispetto ai controlli (C:  $10,46 \pm 1,78$ ; K:  $6,78 \pm 1,48$  mg/kg). Il picco rilevato in C4 ( $13,85$  mg/kg) è risultato doppio rispetto alla media dei riferimenti. Dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) si rilevano un lieve incremento in C4 e una lieve flessione in K6.

**Silicio** - Lungo il transetto i tenori sono risultati tutti inferiori al controllo K6, dove è stato registrato il massimo assoluto dell'intero periodo di monitoraggio (Fabi *et al.*, 2017b). Durante il pre-survey il silicio non era stato rilevato in C4, mentre nell'inverno 2017 è presente ovunque, ma l'elevata variabilità ben nota di questo elemento, al momento, non consente di identificare dei trend relazionabili alla presenza della condotta.

**Stagno** - Nell'inverno 2017 lo stagno è risultato non rilevabile ovunque.

**Titanio** - Per il titanio è stata osservata una variabilità maggiore lungo il transetto rispetto ai controlli. Comunque, tutti i siti C (tranne C1) sono risultati inferiori o in linea con i riferimenti dove è stato registrato un tenore medio pari a  $238,6 \pm 20,7$  mg/kg. Il massimo è stato rilevato in C1, corrispondente a 1,4 volte la media dei siti K e circa triplo rispetto ai valori registrati durante il pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b), ma sono necessari ulteriori dati per confermare l'esistenza di un processo di accumulo in quel sito.

**Vanadio** - Il contenuto di vanadio lungo il transetto è apparso mediamente confrontabile con quello dei controlli ( $42,96 \pm 5,78$  e  $36,6 \pm 4,16$  mg/kg rispettivamente). Il picco, pari a  $53,51$  mg/kg



e a 1,5 volte la media dei riferimenti, è stato rilevato in C4 dove nel tempo questo metallo è gradualmente aumentato (Fabi *et al.*, 2017b); tale trend è stato parzialmente osservato anche in K6. Al momento i dati sono insufficienti per segnalare uno stato di perturbazione.

**Zinco** - Le concentrazioni di zinco sono in generale risultate modeste, inferiori all'LCRN come nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2017b), ma maggiori lungo il transetto rispetto ai riferimenti. Il picco in C4 (63,83 mg/kg) è del tutto in linea con il corrispondente valore registrato nel pre-survey.

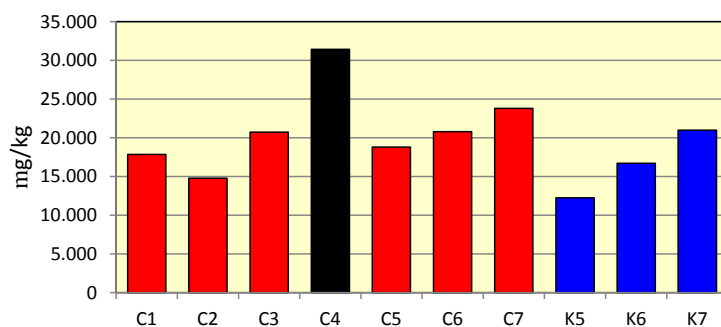
**Zirconio** - I tenori di zirconio lungo il transetto sono apparsi in linea o leggermente maggiori rispetto a quelli dei controlli. Il massimo è stato rilevato presso la condotta sottomarina (C4; 6,22 mg/kg). Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b) il metallo è aumentato soprattutto in C4; solo i monitoraggi successivi potranno indicare se quanto osservato rappresenti o meno un iniziale effetto del sea-line su questo elemento.

### 3.2.1.5 Sostanza organica

Nell'inverno 2017, con la sola eccezione di C4, i tenori di sostanza organica lungo il transetto sono risultati paragonabili o trascurabilmente maggiori rispetto a quelli dei controlli (Tab. 3-VI e fig. 3.7). La concentrazione raggiunta in corrispondenza della condotta (C4: 31.418 mg/kg) è quasi doppia rispetto alla media dei controlli ( $16.637 \pm 4.374$  mg/kg) e al valore registrato nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b). Comunque, attualmente i valori sono bassi e insufficienti per definire uno stato di alterazione dell'area.

**Tab. 3-VI** – Sostanza organica (mg/kg) rilevata nell'inverno 2017. C4 = sito posto in corrispondenza del sea-line.

C1	17.849
C2	14.774
C3	20.739
<b>C4</b>	<b>31.418</b>
C5	18.793
C6	20.793
C7	23.804
K5	12.230
K6	16.704
K7	20.977



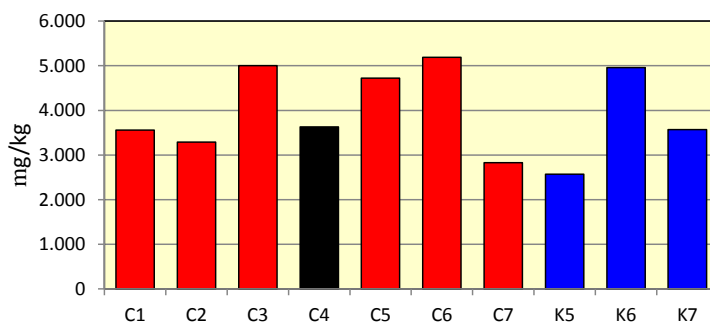
**Fig. 3.7** – Sostanza organica (mg/kg) rilevata nell’inverno 2017. In nero il sito posto sulla condotta.

### 3.2.1.6 Total Organic Carbon (TOC)

Il TOC rilevato lungo il transetto C è risultato in concentrazioni paragonabili o inferiori ai controlli (Tab. 3-VII e fig. 3.8). Il TOC è stato quantificato per la prima volta nel 1° monitoraggio post lavori ed è aumentato nel 2° (Fabi *et al.*, 2017b), presentando poi nell’inverno 2017 comportamenti differenti tra i siti. Comunque, nell’ultimo campionamento non sono state rilevate anomalie riconducibili alla presenza della condotta in quanto le variazioni osservate lungo il transetto sono in linea con quelle rilevate nei riferimenti.

**Tab. 3-VII** – Total Organic Carbon (mg/kg) rilevato nei sedimenti prelevati nell’inverno 2017. In rosso il sito posto sul sea-line. LQ = limite di quantificazione.

C1	3.560
C2	3.290
C3	5.000
C4	3.630
C5	4.720
C6	5.190
C7	2.830
K5	2.570
K6	4.960
K7	3.570



**Fig. 3.8** – Total Organic Carbon (mg/kg) rilevato nell’inverno 2017. 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 nell'inverno 2017 come controllo positivo con  $K_2Cr_2O_7$  (10,80 mg/l come cromo) sono rientrati nei limiti della carta di controllo del laboratorio (LC=10,09 e UC=11,43 mg/l); i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore  $\geq 16$ )

Risultati del saggio - I risultati del saggio eseguito con gli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 2° post lavori sono riportati in Tab. 3-VIII, 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 come in tutto il periodo di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2017b).

**Tab 3-VIII** – Parametri rilevati negli elutriati utilizzati nel saggio di tossicità con *D. tertiolecta* estratti dai sedimenti relativi al 3° 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	$\Delta G$ (%) 72 h	EC20	EC50	Tossicità
C2	34	7,91	17,27	$\geq 90$	>100%	Assente
C4	34	8,01	19,14	$\geq 90$	>100%	Assente
C6	34	8,07	22,69	$\geq 90$	>100%	Assente
K6	34	8,10	21,38	$\geq 90$	>100%	Assente

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

QA-QC – Nell'inverno 2017 il valore della EC50 (15') = 8,13 mg/l (LC=6,48 e UC=10,19) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del saggio – Negli elutriati estratti dai sedimenti campionati nell'inverno 2017 non è stata rilevata alcuna inibizione della bioluminescenza (Tab. 3-IX) come precedentemente (Fabi *et al.*, 2017b).

**Tab. 3-IX** - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* relativo al 3° 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	34	7,91	13,18	18,06	>90	>90	Assente
C4	34	8,01	9,32	9,67	>90	>90	Assente
C6	34	8,07	6,18	12,23	>90	>90	Assente
K6	34	8,10	10,01	15,62	>90	>90	Assente

### 3.2.2.3 *Corophium orientale*

QA-QC - La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento ( $\text{CdCl}_2$ )  $\text{LC}_{50}=2,91$  ( $\text{LC}=2,61$  mg/l e  $\text{UC}=3,25$  mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 gg è risultata conforme, in quanto superiore al 85%. In Tab. 3-X sono indicati i principali parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico.

**Tab. 3-X** – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati osservati all'inizio e alla fine del test effettuato nell'inverno 2017. In rosso il sito in corrispondenza del sea-line.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	$\text{O}_2$ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	$\text{O}_2$ (%)
Controllo	15±1	36	8,22	0	>85	16±1	36	8,10	2	>85
C2		36	8,25	0			36	7,79	0	
<b>C4</b>		<b>35</b>	<b>8,25</b>	<b>0</b>			<b>36</b>	<b>7,82</b>	<b>0</b>	
C6		35	8,24	0			36	7,77	0	
K6		35	8,24	0			36	7,78	0	

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg nei sedimenti testati dimostrano l'assenza di tossicità acuta ovunque (Tab. 3-XI), indicando un miglioramento rispetto all'estate 2016 quando in C2 e K6 era stata rilevata una tossicità bassa; appaiono ripristinate le condizioni originarie del pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b).

**Tab. 3-XI** - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. orientale* nei campioni prelevati nel 3° 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	1 ± 3,18	0	-
C2	100	8 ± 5,19	7	Assente
<b>C4</b>	<b>100</b>	<b>6 ± 3,67</b>	<b>5</b>	<b>Assente</b>
C6	100	7 ± 3,188	6	Assente
K6	100	6 ± 3,67	5	Assente

### 3.2.2.4 *Crassostrea gigas*

QA-QC – Il test eseguito nell'inverno 2017 con la sostanza di riferimento ha fornito una  $\text{EC}_{50}$  di 11,97  $\mu\text{g/l}$  di Cu ( $\text{LC}=11,17$  e  $\text{UC}=12,83$ ), che rientra nei limiti della carta di controllo intra-laboratorio. La percentuale media di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo è risultata conforme in quanto superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio – E' stata rilevata una tossicità bassa in C2 e C4 (Tab. 3-XII), che

indica un lieve peggioramento rispetto al monitoraggio precedente (Fabi *et al.*, 2017b). Nelle altre due stazioni, prive di tossicità, si confermano i risultati dell'estate 2016. Nel pre-survey non era stata rilevata alcuna tossicità.

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

Campione	Concentrazione	% media di larve normali $\pm$ dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		84 $\pm$ 1,53	16	0			
C2	100	61 $\pm$ 1,15	39	28	69,2	>100	Bassa
	50	72 $\pm$ 1,53	28	15			
	25	82 $\pm$ 1,15	18	3			
C4	100	61 $\pm$ 1,15	39	27	78,1	>100	Bassa
	50	76 $\pm$ 1,15	24	10			
	25	81 $\pm$ 1,15	19	4			
C6	100	67 $\pm$ 2,00	33	21	>90	>100	Assente
	50	75 $\pm$ 1,53	25	11			
	25	82 $\pm$ 1,53	18	3			
K6	100	65 $\pm$ 0,58	34	21	>90	>100	Assente
	50	74 $\pm$ 1,53	26	12			
	25	81 $\pm$ 1,73	19	4			

### 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 3° survey post lavori, sono riportati in Tab. 3-XIII; in Tab. 3-XIV sono invece indicate le mortalità degli organismi test, risultate superiori a quella di controllo solo in C2 e K6.

**Tab. 3-XIII** – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati osservati all'inizio e alla fine del test effettuato nell'inverno 2017. In rosso il sito sul sea-line.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
Controllo	15 $\pm$ 1	34	7,50	2	>85	15 $\pm$ 1	35	8,28	0,5	>85
C2		34	7,96	0,5			36	7,95	0,5	
C4		34	7,97	0,5			35	7,99	1	
C6		34	8,02	0			36	7,98	0,5	
K6		35	7,98	0			37	7,97	0	

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

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti ( $\pm$ dev.st %)
controllo	21	14 $\pm$ 0,00
C2	21	38 $\pm$ 8,25
C4	21	5 $\pm$ 8,22
C6	21	3 $\pm$ 8,25
K6	21	38 $\pm$ 8,25

Risultati del saggio – In Tab. 3-XV 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-XVI 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-XV** - Concentrazioni (mg/kg; Al in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 3° 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	n.r.	3,02	1,32	0,074	n.r.	11,89	448,74	2,65	n.r.	0,79	309,20	n.r.	101,72	0,062
controllo	n.r.	2,82	n.r.	0,059	n.r.	10,47	369,11	6,04	n.r.	0,67	58,49	n.r.	106,97	0,121
C2	n.r.	2,20	n.r.	0,033	n.r.	8,45	288,99	4,91	n.r.	0,27	95,21	n.r.	100,60	0,082
<b>C4</b>	n.r.	<b>2,95</b>	n.r.	<b>0,041</b>	n.r.	<b>12,60</b>	<b>311,07</b>	<b>5,66</b>	n.r.	<b>0,26</b>	<b>110,92</b>	n.r.	<b>104,46</b>	<b>0,101</b>
C6	n.r.	2,50	n.r.	0,053	n.r.	8,86	296,56	7,42	n.r.	0,22	109,57	n.r.	98,77	0,082
K6	n.r.	2,68	n.r.	0,039	n.r.	11,68	287,17	3,72	n.r.	0,24	119,47	n.r.	93,49	0,093

**Tab. 3-XVI** - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti (mg/kg) rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati e il bianco (0') nel 3° 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.	-0,20	n.c.	-0,015	n.c.	-1,42	-79,63	<b>3,39</b>	n.c.	-0,12	-250,71	n.c.	5,25	<b>0,059</b>
C2	n.c.	-0,82	n.c.	-0,041	n.c.	-3,44	-159,75	<b>2,26</b>	n.c.	-0,52	-213,99	n.c.	-1,12	<b>0,020</b>
<b>C4</b>	n.c.	<b>-0,07</b>	n.c.	<b>-0,033</b>	n.c.	<b>0,71</b>	<b>-137,67</b>	<b>3,01</b>	n.c.	<b>-0,53</b>	<b>-198,28</b>	n.c.	<b>2,74</b>	<b>0,039</b>
C6	n.c.	-0,52	n.c.	-0,021	n.c.	-3,03	-152,18	<b>4,77</b>	n.c.	-0,57	-199,63	n.c.	-2,95	<b>0,020</b>
K6	n.c.	-0,34	n.c.	-0,035	n.c.	-0,21	-161,57	<b>1,07</b>	n.c.	-0,55	-189,73	n.c.	-8,23	<b>0,031</b>

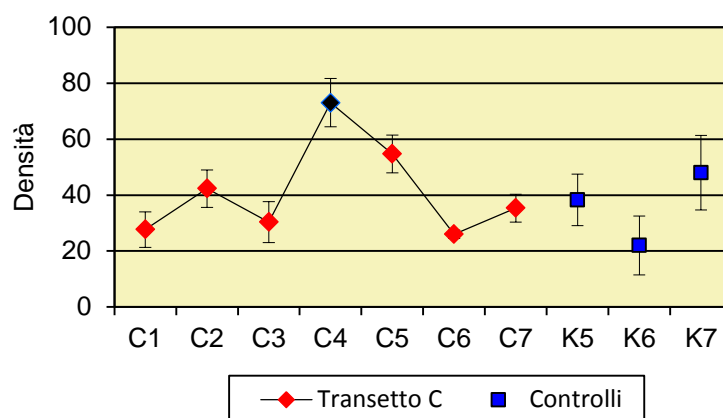
**Al, Ba, Cr, In e V** non sono stati rilevati. Tutti gli i metalli ricercati sono risultati presenti ovunque in concentrazioni inferiori o confrontabili con quelle del bianco eccetto **Ni e Hg** bioaccumulati in tutti i campioni.

I risultati ottenuti confermano quanto osservato nell'estate 2016 per Al, As, Cr, Cu, In, Ni, V e Zn (Fabi *et al.*, 2017b). E' stato rilevato un miglioramento per Ba, Cd, Fe, Si e Pb, che nel 2° post lavori erano stati bioaccumulati in uno o più campioni, e un peggioramento per quanto concerne Hg. Si ricorda che quest'ultimo metallo era risultato bioaccumulato ovunque nel pre-survey.

### 3.2.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

#### 3.2.3.1 Densità (N) e Biomassa (P)

Nel 3° survey post lavori la densità lungo il transetto C è oscillata tra  $26,00 \pm 1,53$  ind/0,095 m<sup>2</sup> (C6) e  $73,00 \pm 8,62$  ind/0,095 m<sup>2</sup> (C4; fig. 3.9). Nonostante il trend abbia presentato diverse oscillazioni, tutti i valori eccetto quelli di C4 e C5 sono apparsi confrontabili. E' stata riscontrata anche un'omogeneità con i controlli, dove N è variata tra  $22,00 \pm 10,54$  (K6) e  $48,00 \pm 13,28$  ind/0,095 m<sup>2</sup> (K7); solo il picco in C4 è apparso superiore ai riferimenti. Rispetto al monitoraggio precedente (Fabi *et al.*, 2017b) è avvenuto un decremento nel tratto C1-C3, in C7 e in K6 e un aumento in C5. Rispetto al pre-survey è stata rilevata una riduzione in C4, mentre il controllo K6 è rimasto invariato.



**Fig. 3.9** – Densità ( $\pm e.s.$ ) registrata nel 3° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina.

Analogamente a tutti i survey precedenti (Fabi *et al.*, 2017b) i policheti Paraonidae nd sono risultati il taxon più abbondante in tutte le stazioni, seguiti da *Paradiopatra calliopae* e/o *Ophelina cylindricaudata* (Tab. 3-XVII). Quest'ultima ha di poco superato per abbondanza i paraonidi in K6, dove i sipunculidi sono risultati il terzo taxon più abbondante così come in C1.

In termini di biomassa (fig. 3.10 e Tab. 3-XVIII) anche in inverno 2017 è stato rilevato un picco in C3 caratterizzato da un'elevata variabilità ( $6,73 \pm 5,93$  gr/0,195 m<sup>2</sup>) e determinato dal rinvenimento di un esemplare di grosse dimensioni del riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea* e di un esemplare del bivalve *Azorinus chamasolen* (fig. 3.11). Tutti i valori del transetto sono comunque rientrati nel range ottenuto ai controlli ( $0,19 \pm 0,06 \leq P \leq 1,32 \pm 1,07$  gr/0,195 m<sup>2</sup>).

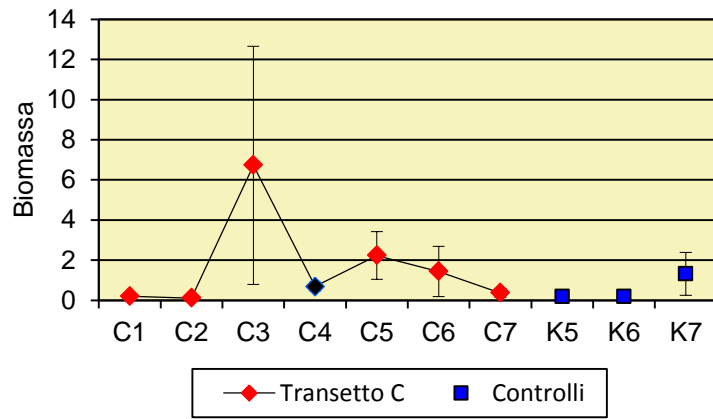
**Tab. 3-XVII** – Lista e densità (n. ind/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 3° survey post lavori. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. C = Bioc. del Coralligeno; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Biocenosi del Detritico Infangato; 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 = minucolo; 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. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina.

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
<b>Briozoi</b>												
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Sd				0,33				0,33		
<b>Cnidari</b>												
Antozoi	Actiniaria nd		0,33						0,33	0,33		
	Anthozoa nd						0,33	0,33	0,33			0,33
Idrozoi	Hydroidea nd						0,67	0,33				0,33
<b>Crostacei</b>												
Anfipodi	<i>Ampelisca diadema</i>	DE		0,33		0,33					0,33	0,33
	<i>Corophium</i> sp		0,33			0,33			0,33			
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC			0,33	1,33	1,00					0,33
	<i>Leptocheirus mariae</i>	Mixt					0,33					
	<i>Leucothoe incisa</i>	SFBC										0,33
	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	MO						0,33				
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt				1,33	0,67					
Cumacei	Cumacea nd			0,33						0,33		
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt	0,33									0,33
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC	0,33	0,33		0,33			0,33		0,33	
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	0,33	0,33		0,67	0,33			1,00		1,00
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC		0,33						0,33	0,33	0,67
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC						0,33				
	<i>Monodaeus couchi</i>	Lre							0,33			
	Paguridae nd					0,33						
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL								0,33		0,33
Isopodi	<i>Gnathia</i> sp			0,33		0,33						0,33
Misidiacei	Misidiacea nd							0,33				
Ostracosi	Ostracoda nd									0,33		
Tanaidacei	<i>Apseudes spinosus</i>	HP						0,33				
	<i>Leptognathia</i> sp											0,33
<b>Echinodermi</b>												
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB			0,33		0,33					
Oloturoidei	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC						0,33				
<b>Molluschi</b>												
Bivalvi	<i>Abra nitida</i>	VTC					0,33					
	<i>Anomia ephippium</i>	Lre								1,00		
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt			0,33							0,33
	<i>Corbula gibba</i>	MI							0,33			
	<i>Kellia suborbicularis</i>	DC		0,33								
	<i>Kelliella abyssicola</i>	Sm					0,33					
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim		0,33		0,33		0,33	0,33			
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim				0,67	0,33					
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt				0,33						
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim		0,33								0,33
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre		0,33				0,33			0,33	
Caudofoveat	<i>Falcidens gutturosus</i>	Lim						0,33	0,33			
Gastropodi	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC		1,33	0,33	2,67			0,33			
	<i>Turritella communis</i>	VTC			0,33	0,33	1,00		0,33	0,33		
<b>Nemertini</b>												
	Nemertea nd		0,33		0,67	1,33	1,67	0,33	1,00		0,33	1,00
<b>Pantopodi</b>												
	Pycnogonida nd					0,33						

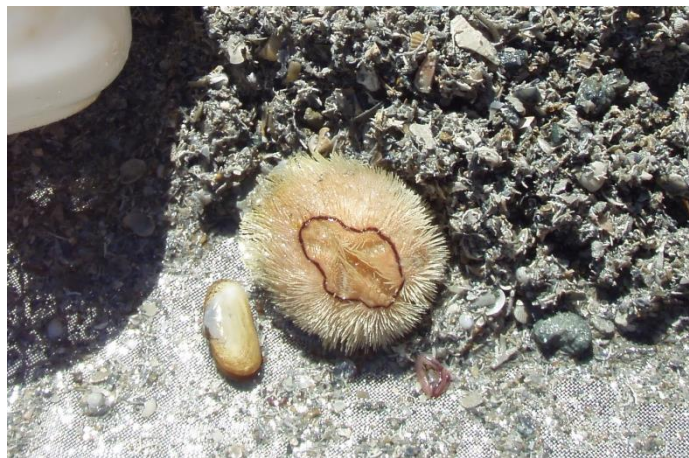


Tab. 3-XVII – Continuo.

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
<b>Polichei</b>											
<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,33	0,67	0,33	1,33	0,67			0,33		0,67
Ampharetidae nd		0,33		0,33	0,67	0,33	0,33		1,67	0,67	0,67
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB			0,67	0,33	0,33			0,33		0,33
<i>Aphelochaeta filliformis</i>	MO	0,67	1,67	1,00	2,00	2,00	0,33	1,00	1,00	0,67	1,33
<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,67	0,67		2,33	1,67		0,33	0,33		2,33
<i>Aponuphis brementi</i>	Lim								0,33		
Capitellidae nd			0,67			0,33		0,33	0,33		
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim		0,33								
<i>Chirimia biceps</i>	MO				0,67						
Cirratulidae nd		0,33			0,33						0,67
<i>Drilonereis filum</i>	Lim			0,67					0,67		0,33
<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,33	0,33	0,33		0,67	0,33		0,33	0,33	
<i>Glycera</i> sp		1,00	1,33	0,33	0,33	2,67	0,67	0,33	0,33	0,67	2,00
<i>Glycera tessellata</i>	Sd			0,33							
<i>Harmothoe</i> sp						0,33					
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd								0,33		
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab							0,33	0,33		
<i>Maldane glebiflex</i>	VTC				0,33						
Maldanidae nd						0,33		0,33			
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,33		2,00	2,33	0,67	0,33	1,33	0,67	0,67	0,33
<i>Melinna palmata</i>	Minut								0,33	0,33	
<i>Minuspio cirrifera</i>	MO		0,33		0,33	0,33					0,33
<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC							0,33			
<i>Nephtys hystericis</i>	VTC				0,33	0,67	0,67		1,33	0,67	1,33
<i>Ninoe</i> sp				0,67	0,33	0,67	0,33				
<i>Notomastus aberans</i>	MO		2,00	1,33	0,33	2,00	0,33		1,33	1,00	2,33
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	0,33	9,00	4,33	5,00	7,33	2,00	7,33	5,67	4,67	7,00
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab				0,33	0,33				0,33	0,67
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC					0,33					0,33
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	3,00	3,00	2,33	6,67	6,00	2,00	3,33	2,67	1,33	1,00
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,33	0,67	1,00	1,67	1,00				1,00	1,00
Paraonidae nd		12,67	13,33	9,00	28,00	12,33	12,33	13,00	13,33	4,00	12,67
<i>Phyllodoce</i> sp						0,33					
Phyllodocidae nd											0,33
<i>Phylo norvegica</i>	Lim	0,33									
Pilargidae nd		0,33			0,67	0,33	0,67	0,33	1,00		0,67
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab						0,33		0,33		
<i>Prionospio</i> sp		0,67	0,33		0,67			0,67		0,33	
Sabellidae nd			0,67			1,00	0,33	0,33	0,33	1,33	0,67
<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim					0,33					
<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt			0,33	0,33			0,33			
<i>Scoletoma</i> sp		0,67	0,33		0,33		0,33				
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	0,33	0,67	1,00	1,00	1,00					1,33
<i>Sphaerodoridae</i> nd			0,33					0,33			
Spionidae nd			0,33	0,67	2,67	0,67		0,33	0,33	0,33	0,67
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC					0,33					
<i>Sternaspis scutata</i>	VTC				0,33						
Syllidae juv											0,33
<i>Syllis</i> sp					0,33						
<i>Terebellidae</i> nd							0,33				0,33
<i>Terebellides stroemi</i>	MO				0,67						
<b>Sipunculidi</b>											
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO						0,33			0,67	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB		0,33		1,00		0,33			0,33	0,33
<i>Sipuncula</i> nd		2,00	0,67	1,33		1,33	0,67	0,67	0,67	1,00	1,67
<b>Densità totale</b>		27,67	42,33	30,33	73,00	54,67	26,00	35,33	38,33	22,00	48,00
<b>Ricchezza specifica totale</b>		24	32	25	45	44	28	29	32	24	41



**Fig. 3.10** - Biomassa ( $\pm$  e.s.) registrata nell'inverno 2017. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina.



**Fig. 3.11** - Esemplici di *B. atlantica mediterranea* e *A. chamasolen* rinvenuti in una replica prelevata nel sito C3.

**Tab. 3-XVIII** – Lista e biomassa (gr. 0,095 m<sup>-2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 3° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina. \* = <0,001 gr/0,095 m<sup>2</sup>.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal futuro sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>				*				0,001		
<i>Scrupocellaria scruposa</i>				*				0,001		
<b>Cnidari</b>										
Antozoi										
Actiniaria nd	*						0,005	0,025		
Anthozoa nd					*	*	*			0,003
Idrozoi										0,000
Hydroidea nd					0,012	*				0,000
<b>Crostacei</b>										
Anfipodi										
<i>Ampelisca diadema</i>		*		*					*	*
<i>Corophium</i> sp	*			*			*			
<i>Harpinia dellavallei</i>			*	*	*					*
<i>Leptocheirus mariae</i>				*	*					*
<i>Leucothoe incisa</i>					*					*
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>						*				
<i>Paraphoxus oculatus</i>				*	*					
Cumacei										
Cumacea nd		*					*			*
<i>Eudorella truncatula</i>	*									
Decapodi										
<i>Alpheus glaber</i>	0,015	0,012		0,131			0,074		0,045	
<i>Callinassa subterranea</i>	*	0,001		0,005	0,001			0,015		0,022
<i>Goneplax rhomboides</i>		0,011						0,002	0,004	0,065
<i>Jaxea nocturna</i>						0,001				
<i>Monodaeus couchi</i>							*			
Paguridae nd				*						
<i>Upogebia deltaura</i>								0,002		0,008
Isopodi										
<i>Gnathia</i> sp		*		*						*
Misidiacei							*			
Misidiacea nd							*			
Ostracosi								*		
Ostracoda nd								*		
Tanaidacei										
<i>Apeudes spinosus</i>					0,001					
<i>Leptognathia</i> sp										*
<b>Echinodermi</b>										
Echinoidei										
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>			5,426		1,046					
Oloturoidei										
<i>Labidoplax digitata</i>						0,156				
<b>Molluschi</b>										
Bivalvi										
<i>Abra nitida</i>					0,008					
<i>Anomia ephippium</i>								*		
<i>Azorinus chamasolen</i>			0,708							1,013
<i>Corbula gibba</i>							0,002			
<i>Kellia suborbicularis</i>		*								
<i>Kelliella abyssicola</i>					*					
<i>Nucula nitidosa</i>		*		0,016		*	0,001			
<i>Nucula sulcata</i>				0,227	0,304					
<i>Parvicardium minimum</i>				*						
<i>Thyasira succisa</i>		*								*
<i>Timoclea ovata</i>		0,001				0,003			0,006	
Caudofoveat										
<i>Falcidens guttuosus</i>							*	0,001		
Gastropodi										
<i>Hyalia vitrea</i>		0,001	*	0,003			*			
<i>Turritella communis</i>			0,106	0,001	0,690		0,249	0,001		
<b>Nemertini</b>										
Nemertea nd	*		0,309	0,004	0,001	0,009	0,005		*	0,002
<b>Pantopodi</b>										
Pycnogonida nd				0,000						

Tab. 3-XVIII – Continuo.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal futuro sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Polichei</b>										
<i>Ampharete acutifrons</i>	0,001	0,001	*	0,001	*			*		*
Ampharetidae nd	*		*	0,001	*	*		*	*	*
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>			*	*	*			*		*
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*	*		*	*		*	*		*
<i>Aponuphis brementi</i>								0,007		
Capitellidae nd		0,003			0,002		*	*		
<i>Chaetozone caputesocis</i>		0,001								
<i>Chirimia biceps</i>				0,012						
Cirratulidae nd	*			*						0,001
<i>Drilonereis filum</i>			*					0,001		0,001
<i>Glycera rouxii</i>	0,032	0,053	0,008		*	0,050		0,015	0,001	
<i>Glycera</i> sp	*	*	0,001	*	0,001	0,001	*	*	*	*
<i>Glycera tessellata</i>			*							
<i>Harmothoe</i> sp					*					
<i>Hydroides norvegicus</i>								0,004		
<i>Lumbrineris gracilis</i>							*	*		
<i>Maldane glebiflex</i>				0,001						
Maldanidae nd					*		0,008			
<i>Marphysa bellii</i>	0,096		0,152	0,079	0,140	0,007	0,010	0,050	0,064	0,043
<i>Melinna palmata</i>								0,001	0,001	
<i>Minuspio cirrifera</i>		*		*	*					*
<i>Nephtys hombergi</i>						0,006				
<i>Nephtys hystricis</i>				0,001	0,004	0,024		0,054	0,009	0,043
<i>Ninoe</i> sp			0,002	*	*	*				
<i>Notomastus aberans</i>		0,023	0,011	*	0,007	0,032		0,008	0,009	0,107
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	*	0,001
<i>Ophiodromus flexuosus</i>				*	*		*		*	*
<i>Owenia fusiformis</i>					*					*
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,001	0,002	0,002	0,008	0,005	0,001	0,002	0,003	*	0,001
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	*	*	0,001	*				0,001	*
Paraonidae nd	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
<i>Phyllodoce</i> sp					*					
Phyllodocidae nd										*
<i>Phylo norvegica</i>	0,017									
Pilargidae nd	*			*	*	*	*	*		*
<i>Pilargis verrucosa</i>						0,001		*		
<i>Prionospio</i> sp	0,001	*		*			0,001		*	
Sabellidae nd		*			*	*	*	*	*	*
<i>Scalibregma inflatum</i>					*					
<i>Scoletoma impatiens</i>			0,002	*			0,001			
<i>Scoletoma</i> sp	0,002	*		*		0,008				
<i>Scoloplos armiger</i>	*	*	*	*	*					*
<i>Sphaerodoridae</i> nd		*					*			
Spionidae nd		*	*	*	*		*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>					*					
<i>Sternaspis scutata</i>				0,192						
Syllidae juv										*
<i>Syllis</i> sp				*						
<i>Terebellidae</i> nd						1,125				*
<i>Terebellides stroemi</i>				*						
<b>Sipunculidi</b>										
<i>Aspidosiphon muelleri</i>						0,008			0,045	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>		*		*		*			*	*
<i>Sipuncula</i> nd	0,034	0,001	*		0,002	0,003	0,003	*	0,003	0,005
<b>Biomassa totale</b>	<b>0,201</b>	<b>0,114</b>	<b>6,728</b>	<b>0,688</b>	<b>2,232</b>	<b>1,434</b>	<b>0,366</b>	<b>0,191</b>	<b>0,190</b>	<b>1,318</b>

### 3.2.3.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute

I popolamenti rinvenuti nell'inverno 2017 sono risultati costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile, sia in termini di numero di taxa che di densità (Tab. 3-XIX).

In tutte le stazioni hanno prevalso gli organismi Limicoli (Lim), seguiti dagli Indicatori di Materia Organica nei sedimenti (MO) come in tutto il periodo di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2017b). Al 3° posto si sono collocati i misticoli (Mixt), assenti solo in C6. I sabulicoli (Sab) non sono stati rinvenuti nel tratto C1-C3 del transetto.

**Tab. 3-XIX** – Numero di specie (a) e di individui (b) rinvenuti nell'inverno 2017 suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda delle Biocenosì si rimanda alla Tab. 3-XVII. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina.

**a)**

	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)					1					
Limicoli (Lim, VTC, VB)	7	11	10	16	13	9	8	11	7	12
Sabulicoli (Sab, SFBC)				1	3	2	1	2	1	3
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	1	2	2	4	2		1	1	1	3
Fondi Mobili Instabili (MI)							1			
Minuticoli (Minut)								1	1	
Indicatori di Materia Organica (MO)	4	6	4	7	6	5	2	4	5	5
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)			1	1	1			2		
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1	2	1	1	2		1	1	1	1

**b)**

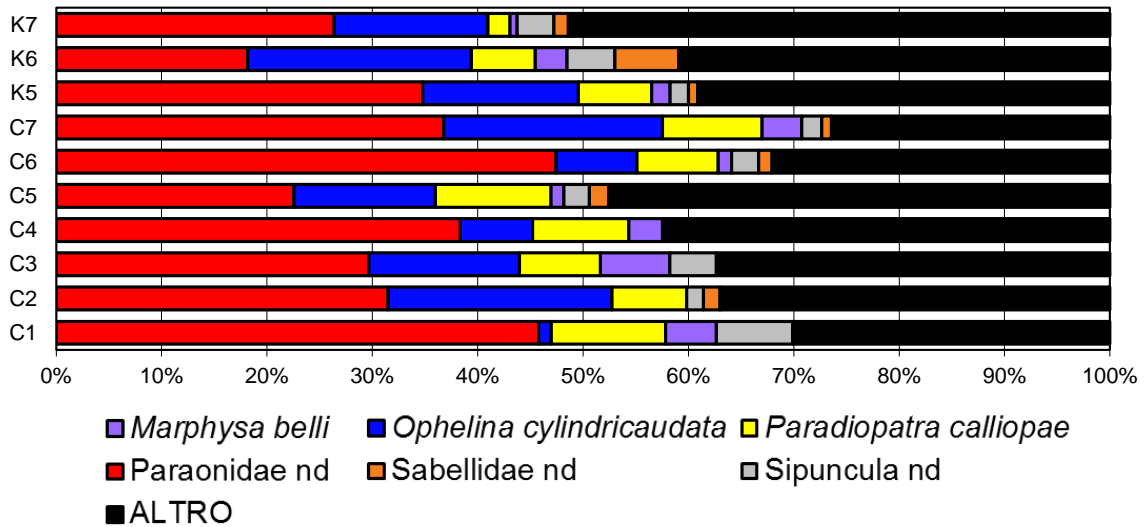
	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)					0,33					
Limicoli (Lim, VTC, VB)	6,00	16,33	11,67	24,00	19,33	6,67	13,67	13,67	8,33	13,67
Sabulicoli (Sab, SFBC)				0,33	1,00	0,67	0,33	0,67	0,33	1,33
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	0,33	0,67	0,67	2,33	1,00		0,33	0,33	0,33	1,00
Fondi Mobili Instabili (MI)							0,33			
Minuticoli (Minut)								0,33	0,33	
Indicatori di Materia Organica (MO)	2,00	5,67	3,67	8,00	7,67	1,67	1,33	3,00	3,67	7,33
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)			0,33	0,33	0,33			0,67		
Larga ripartizione ecologica (Lre)	0,33	1,00	1,00	1,00	1,33	0,00	0,33	1,00	0,33	1,33

### 3.2.3.3 Dominanza

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 6 taxa che nell'inverno 2017 hanno complessivamente costituito più del 70% delle comunità, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.12).

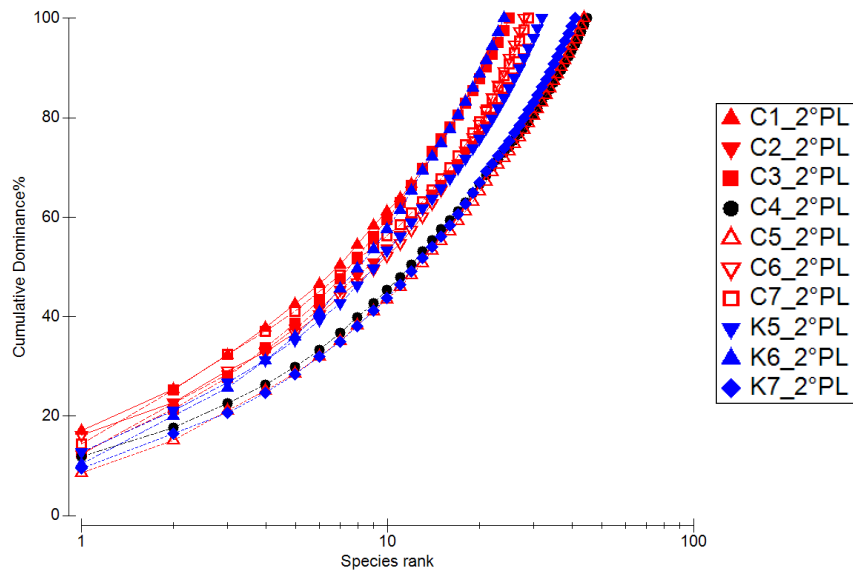
Analogamente a quanto riscontrato nei campionamenti precedenti (Fabi *et al.*, 2017b), anche nell'ultimo i paraonidi sono risultati il taxon principale ovunque con percentuali comprese tra il 18,18% (K6) e il 47,44% (C6); solo in K6 è risultato dominante *O. cylindricaudata* (21,21%). Nella maggior parte degli altri siti questo polichete si è collocato al 2° posto, con percentuali comprese tra 1,20% (C1) e 21,21% (C6), eguagliato da *P. calliopae* in C1, C4 e C6. Gli altri taxa evidenziati in fig. 3.12 hanno raggiunto

percentuali inferiori al 10%. Le specie secondarie, raggruppate in “altro”, sono apparse ben rappresentate ovunque oscillando tra il 26,42% (C7) e il 51,39% (K7).



**Fig. 3.12** - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nell’inverno 2017. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina.

L’elevato contributo di queste ultime è ben sottolineato anche dall’andamento delle curve di dominanza cumulativa, così come la ripartizione degli organismi tra le specie che risulta simile tra i siti monitorati (fig. 3.13). Il lieve distacco delle curve relative a C4, C5 e K7 è stato determinato dalla presenza di un maggior numero di specie in questi siti (vedi Cap. 3.2.3.4).



**Fig. 3.13** - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nel 3° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina.

### 3.2.3.4 Ricchezza specifica totale (S)

Nel 3° survey post lavori sono stati rinvenuti in totale 97 taxa, appartenenti principalmente ai policheti, seguiti da crostacei e molluschi (Tab. 3-XX).

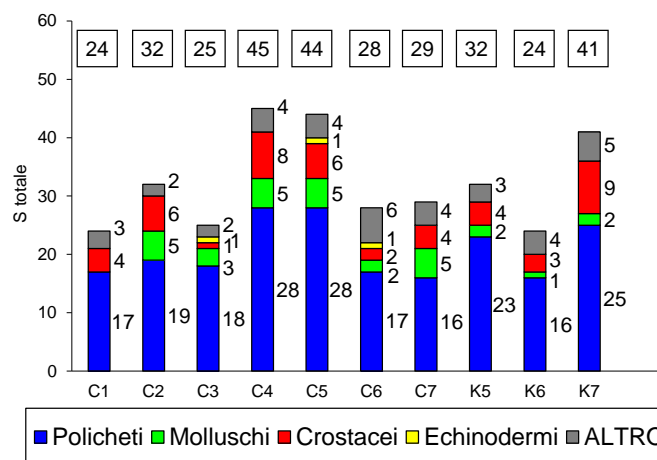
**Tab. 3-XX** - Numero complessivo di taxa rinvenuti nell'inverno 2017.

<b>Briozoi</b>	1
<b>Cnidari</b>	3
<b>Crostacei</b>	21
<b>Echinodermi</b>	2
<b>Molluschi</b>	14
<b>Nemertini</b>	1
<b>Pantopodi</b>	1
<b>Polichei</b>	51
<b>Sipunculidi</b>	3
<b>Totale</b>	<b>97</b>

Lungo il transetto S è oscillata tra 24 (C1) e 45 (C4), valore quest'ultimo molto simile a quello di C5. Tutte le stazioni C eccetto queste C4 e C5 sono rientrate nel range dei controlli, variabile tra 24 e 41 (fig. 3.14). Rispetto all'estate 2016 (Fabi *et al.*, 2017b) solo C1 è rimasto invariato. In C4 e C5 S è aumentata notevolmente mentre altrove, controlli inclusi, si è ridotta. Dal pre-survey si è assistito a un incremento sia in C4, sia in K6.

In tutte le stazioni i policheti hanno rappresentato il gruppo principale, seguiti da crostacei e/o molluschi. Gli echinodermi sono stati censiti unicamente in 3 stazioni (C3, C5 e C6) dove sono stati rappresentati al massimo da 1 specie.

Il più alto numero di specie esclusive è stato ottenuto in C5 (9, corrispondente a più del 20% dell'intero popolamento; Tab. 3-XVII), mentre il controllo K6 è risultato l'unico sito a non presentarne alcuna.



**Fig. 3.14** - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'inverno 2017. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

### 3.2.3.5 Ricchezza specifica media ( $S_m$ )

L'andamento della Ricchezza specifica media è risultato analogo a quello già descritto per  $S$ . Lungo il transetto il massimo registrato in C5 ( $24,33 \pm 1,20$ ), comparabile a C4 ( $23,00 \pm 1,00$ ), e il minimo in C1 ( $11,33 \pm 2,03$ ; fig. 3.15). Tutti i valori eccetto quelli di C4 e C5 sono risultati comparabili. Il range dei controlli, compreso tra  $12,33 \pm 4,37$  (K6) e  $23,00 \pm 3,61$  (K7), ha compreso l'intero transetto. Rispetto all'estate 2016 (Fabi *et al.*, 2017b) le variazioni non sono state univoche poiché C3, C7, K5 e K6 hanno presentato dei decrementi mentre in C4 e C5  $S_m$  è aumentata. Non si rilevano variazioni degne di nota in C4 e K6 rispetto al pre-survey.

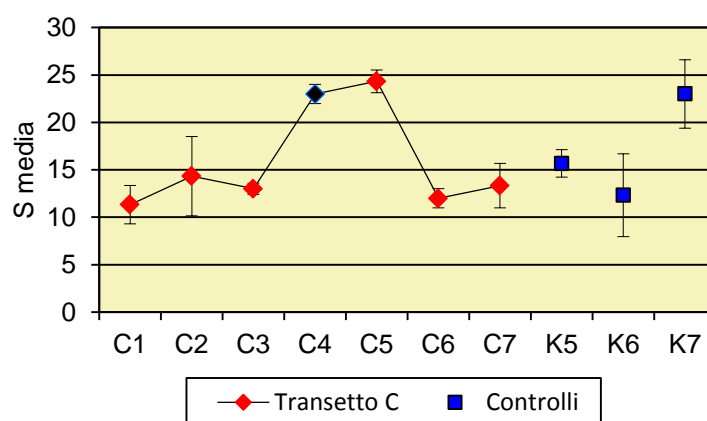


Fig. 3.15 – Ricchezza specifica media ( $\pm e.s.$ ) registrata nell'inverno 2017.

### 3.2.3.6 Diversità specifica ( $H'$ )

Lungo il transetto è stato osservato un aumento di  $H'$  da C1 ( $1,87 \pm 0,08$ ) a C5, dove è stato raggiunto il massimo ( $2,76 \pm 0,09$ ; fig. 3.16), seguito da una brusca riduzione in C6 determinata dalla netta dominanza dei paraonidi (vedi Cap. 3.2.3.3). Tutti i valori sono rientrati nel range ottenuto ai controlli ( $2,16 \pm 0,25 \leq H' \leq 2,64 \pm 0,05$ ). Rispetto all'estate 2016 (Fabi *et al.*, 2017b) la maggiore variazione, consistente in un aumento, è avvenuta in C5, mentre rispetto al pre-survey la situazione in C4 e K6 è rimasta stabile.

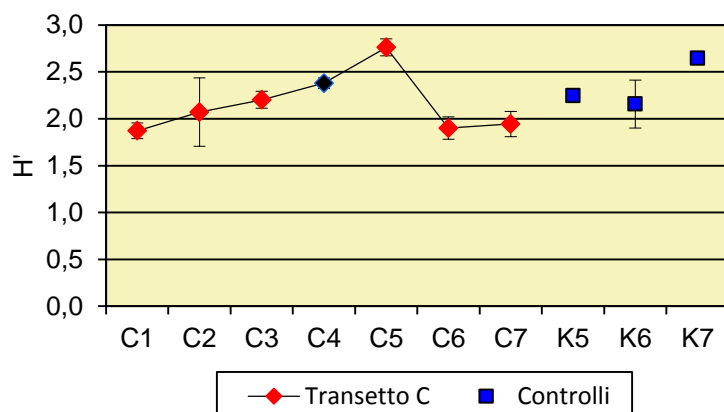
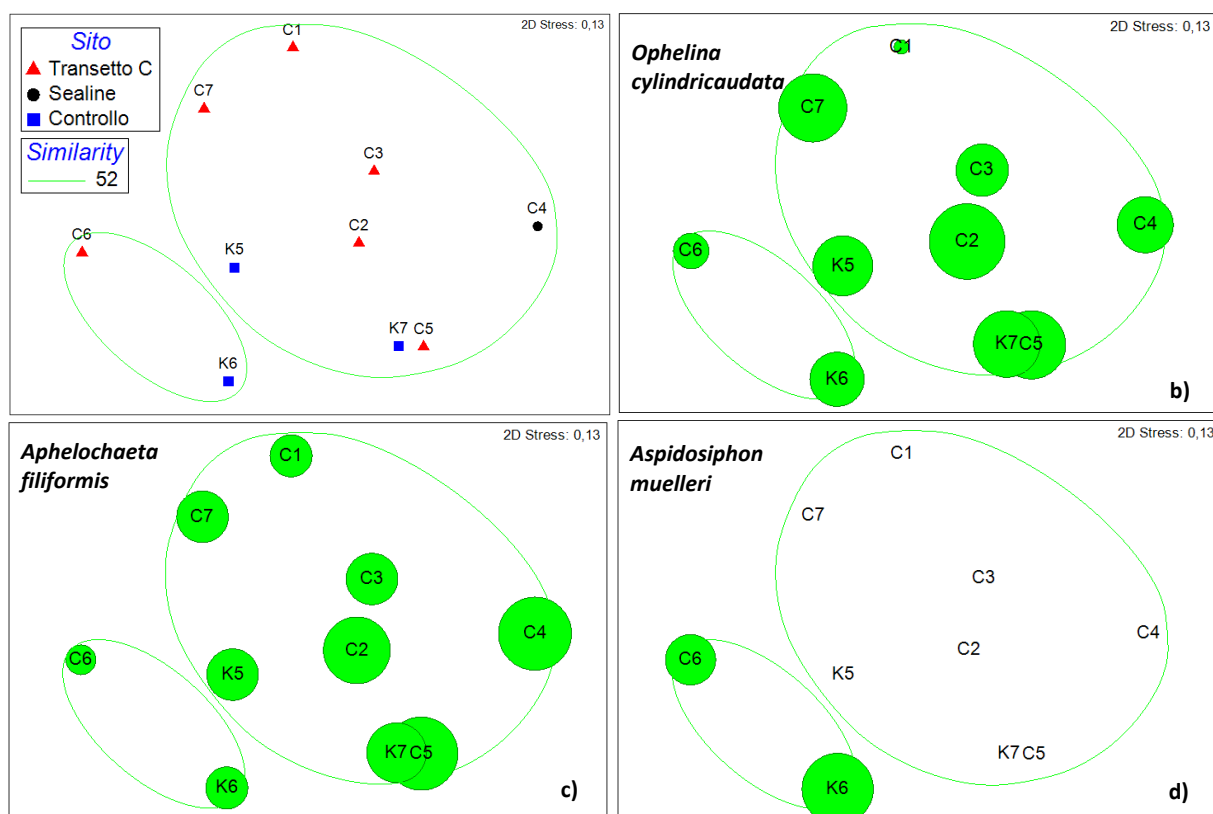


Fig. 3.16 – Diversità specifica ( $\pm e.s.$ ) registrata nell'inverno 2017.



### 3.2.3.7 MultiDimensional Scaling (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità dei singoli taxa ha messo in evidenza, con una similarità al 52%, la somiglianza tra la maggior parte delle stazioni campionate, ad eccezione dei siti C6 e K6 che sono stati raggruppati in un cluster a parte (fig. 3.17a). Tale isolamento è dovuto ai diversi quantitativi di alcune specie principali, come *O. cylindricauda* (fig. 3.17b) e secondarie (es.: *Aphelochaeta filiformis*; fig 3.17c), così come alla presenza di taxa esclusivi come il sipunculide *Aspidosiphon muelleri* (fig. 3.17d).



**Fig. 3.17** - Rappresentazione bidimensionale dei siti monitorati nel 3° survey post lavori tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina.

### 3.2.3.8 Valutazione dello stato ambientale

#### Indice W di Clarke

L'indice W di Clarke ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato in tutti i siti monitorati nell'inverno 2017 (Tab. 3-XXI), indicando un miglioramento in C1, C2 e C7 che, in estate 2016, erano stati classificati come moderatamente disturbati (Fabi *et al.*, 2017b). Nel pre-survey C4 e K6 erano risultati rispettivamente moderatamente e lievemente impattati.

**Tab. 3-XXI** – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti nell'inverno 2017. In rosso il sito corrispondente alla condotta sottomarina.

Stazione	W	Classificazione ambientale
C1	0,417	Leggermente disturbato
C2	0,316	Leggermente disturbato
C3	0,556	Leggermente disturbato
C4	0,409	Leggermente disturbato
C5	0,517	Leggermente disturbato
C6	0,509	Leggermente disturbato
C7	0,382	Leggermente disturbato
K5	0,339	Leggermente disturbato
K6	0,390	Leggermente disturbato
K7	0,509	Leggermente disturbato

### Indice AMBI

L'indice AMBI in parte ha confermato i risultati ottenuti mediante l'applicazione dell'indice W, in parte è apparso più ottimista classificando le stazioni C6, C7, K5 e K6 come indisturbate (Tab. 3-XXII). Per quanto concerne il transetto questi risultati confermano quelli dell'estate 2017 eccetto in C1 che era stato classificato come non disturbato e indicano un miglioramento nei controlli K5 e K6 (Fabi *et al.*, 2017b). Vengono inoltre confermati i risultati del pre-survey.

In tutti i i siti hanno prevalso le specie indifferenti all'arricchimento organico (II gruppo), seguite quelle sensibili (I gruppo), con la sola eccezione di K6 dove la situazione è risultata invertita. A seguire, il III gruppo ecologico rappresentato da specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti. Gli opportunisti di II e I ordine (IV e V gruppo rispettivamente) sono risultati ovunque poco presenti se non del tutto assenti.

**Tab. 3-XXII** – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute nel 3° 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 C4 posto in corrispondenza della condotta sottomarina.

Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
C1	24,69	64,20	7,41	3,70	0	1,35	Leggermente disturbato
C2	40,48	42,06	12,70	3,18	1,59	1,25	Leggermente disturbato
C3	31,87	50,55	17,58	0	0	1,29	Leggermente disturbato
C4	28,11	55,30	12,44	4,15	0	1,39	Leggermente disturbato
C5	36,81	41,72	17,18	3,68	0,61	1,34	Leggermente disturbato
C6	34,62	61,54	3,85	0	0	1,04	Non disturbato
C7	39,81	49,52	7,77	1,94	0,97	1,12	Non disturbato
K5	37,72	48,25	12,28	0,88	0,88	1,18	Non disturbato
K6	49,23	38,46	12,31	0	0	0,95	Non disturbato
K7	31,94	43,75	17,36	6,94	0	1,49	Leggermente disturbato

### Indice BENTIX

Il BENTIX ha fornito risultati lievemente più pessimistici rispetto agli indici precedenti per quanto concerne C1 e C4, classificandoli come moderatamente disturbati a causa della

preponderanza di taxa classificati dall'indice come tolleranti su quelli sensibili (Tab. 3-XXIII).

Rispetto al survey estivo del 2016 (Fabi *et al.*, 2017b) è leggermente peggiorata la situazione in C1 e leggermente migliorata in C2, C3 e C5. Nel pre-survey entrambi i siti C4 e K6 erano risultati lievemente disturbati.

**Tab. 3-XXIII** - Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale dei siti monitorati nell'inverno 2017. In rosso il sito corrispondente al sea-line.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
C1	3,49	Moderatamente disturbato
C2	3,64	Leggermente disturbato
C3	3,85	Leggermente disturbato
C4	3,33	Moderatamente disturbato
C5	3,98	Leggermente disturbato
C6	3,64	Leggermente disturbato
C7	3,87	Leggermente disturbato
K5	3,88	Leggermente disturbato
K6	4,12	Leggermente disturbato
K7	3,69	Leggermente disturbato

### Stato ecologico

In Tab. 3-XXIV è riportato lo stato ecologico derivato dalla combinazione dei tre indici. Tutte le stazioni hanno presentato uno stato buono eccetto C1 e C4 dove è stato evidenziato uno stato ecologico lievemente peggiore. Anche nel pre-survey C4 era risultato moderatamente disturbato (Fabi *et al.*, 2017b). Nell'estate 2016 lo stato era oscillato tra il buono (nella maggior parte dei siti) e il moderato (C2).

**Tab. 3-XXIV** – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici applicati ai dati dell'inverno 2017. In rosso il sito corrispondente al sea-line.

	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
C1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
C2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
C3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
C5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
C6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
C7	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
K5	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
K6	Leggermente disturbato	Non 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 3° monitoraggio successivo alla posa in opera della struttura (inverno 2017).

**Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti** - Nell'inverno 2017 le caratteristiche tessiturali dei sedimenti analizzati non sono apparse omogenee tra i siti e hanno subito nel tempo variazioni differenti tra loro (Fabi *et al.*, 2017b). Tuttavia non sono stati individuati pattern riconducibili alla presenza del sea-line.

I tenori dei metalli sono risultati diffusamente bassi e solo per As e Ni sono apparsi superiori al LCRN, nel primo caso sia lungo il transetto che in tutti i controlli, nel 2° in corrispondenza del transetto e di un controllo.

Molti metalli (Al, Ba, Cd, Cr, Fe, Ni, Hg, Cu, V, Zn, Zr) hanno raggiunto la massima concentrazione presso la condotta sottomarina (sito C4), ma in tutti i casi si tratta di valori modesti che non indicano la presenza di contaminazione. Potrebbero altresì indicare l'inizio di un processo di accumulo che potrà essere verificato e quantificato solo nei monitoraggi successivi. Da tenere in particolare sotto controllo il bario, il cui picco in C4 è corrisposto a quasi tre volte la media dei riferimenti.

Anche per la sostanza organica è stata rilevata la massima concentrazione in C4 seguendo, pertanto, il medesimo comportamento della maggior parte dei metalli.

Infine, anche per gli IPA totali è stato osservato un picco relativo in C4, ma il valore rimane comunque inferiore alla concentrazione rilevata nel controllo K6. Inoltre, i tenori raggiunti ovunque sono risultati estremamente inferiori all'LCB indicato da ICRAM-APAT (2007). Nulla da segnalare per gli Idrocarburi totali, né per il TOC.

Nel complesso, allo stato attuale non si individua un'alterazione determinata dalla presenza della condotta sottomarina. Si attendono pertanto i prossimi survey per analizzare le perplessità sopra descritte per i metalli pesanti.

**Ecotossicologia dei sedimenti** - Nel 3° 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*. Sono state pertanto confermate le osservazioni sin dal pre-survey per i primi due organismi e sono state raggiunte le condizioni originarie osservate nel pre-survey per l'anfipode per il quale, nell'estate 2016, era stata registrata una bassa tossicità in C2, posto a 60 m di distanza verso SW, e nel controllo K6 (Fabi *et al.*, 2017b).

Sono il test con il mollusco bivalve *Crassostrea gigas*, ha rilevato la presenza di una tossicità bassa in C2 e nel sito corrispondente al sea-line, indicando un lieve peggioramento rispetto al monitoraggio precedente.

Infine, la maggior parte dei metalli ricercati mediante il 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 analogamente ai survey precedenti (Fabi *et al.*, 2017b). Come osservano nell'area circostante la piattaforma Bonaccia NW è stato rilevato un bioaccumulo diffuso di nichel e mercurio che ha interessato anche il sito di riferimento.

**Comunità bentonica** – Anche nell'inverno 2017 il popolamento bentonico è risultato dominato, come numero di specie, dai policheti, seguiti da crostacei e molluschi come osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2017b). Il numero totale di taxa rinvenuti è apparso leggermente inferiore rispetto a quello dell'estate 2016, che a sua volta era apparso inferiore a quello registrato dopo la posa in opera della condotta. Lungo il transetto i valori maggiori di tutti gli indici biotici sono stati rilevati in corrispondenza del sea-line e nel sito a 30 m verso NE (C5), risultati comunque quasi sempre comparabili con un controllo.

La maggior parte delle specie è tipica di fondo mobile, soprattutto di fondali limicoli. Non trascurabile anche la presenza di organismi indicatori della presenza di materia organica nel sedimento.

Sia lungo il transetto che nei riferimenti le specie dominanti sono state poche, rimaste praticamente invariate sin dal pre-survey (policheti paraonidi, *O. cylindricaudata* e *P. calliope*). Ciò è portato alla presenza di una notevole omogeneità tra le stazioni monitorate, come confermato dall'MDS che ha isolato solo C6 (100 m a NE del sea-line) e il controllo K6 a causa delle basse Densità e Ricchezza specifica totale e media riscontrate in entrambi

i siti.

Lo stato ecologico è risultato buono in quasi tutta l'area indagata. Solo in corrispondenza della condotta sottomarina e a 100 m a NE da essa (C1) è risultato buono/moderato a causa della lieve predominanza in questi due siti di taxa classificati come tolleranti dall'indice BENTIX. Si rammenta che anche nel pre-survey era stato rilevato uno stato buono/moderato nell'area destinata ad accogliere la condotta sottomarina.

Allo stato attuale non si riscontra un'influenza da parte del sea-line sul popolamento bentonico.

#### 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.
- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- 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.
- 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.
- 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.
- Bernardi Aubry F., Berton A., Bastianini M., Socal G., Acri F., 2004. Phytoplankton succession in a coastal area of the NW Adriatic over 10 years of samplings (1990–1999). *Cont. Shelf Res.*, 24: 97–115.
- 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 narine 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
- Caccia V.G., Millero, F.J. 2003. The distribution and seasonal variation of dissolved trace metals in Florida Bay and adjacent waters. *Aquat. Geochem.*, 9: 111-144.
- 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.
- Claisse J.T., Pondella D.J., Love M., Zahn L.A., Williams C.M., Williams J.P., Bull A.S. 2014. Oil platforms off California are among the most productive marine fish habitats globally. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 111(43): 15462-15467.
- 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. 2002a. *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., Grati F., Lucchetti A., Trovarelli L. 2002b. Evolution of the fish assemblage around a gas platform in the northern Adriatic Sea. – ICES J. Mar. Sci., 59: S309–S315.
- 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. 2004a. *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., Grati F., Puletti M., Scarcella G. 2004b. Effects on fish community induced by the installation of two gas platforms (Adriatic Sea). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 273: 187-197.
- 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., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma*.

- Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione). Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.*
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini. V anno successivo ai lavori di installazione (2015) - Rapporto finale.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 61 + XXXI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Polidori P., Salvalaggio V. 2017b. *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 finale 1° anno (gennaio - dicembre 2016). Rapporto n. 3.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 233 + LIII 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.
- Ji H., Sha Y., Xin H., Shuang Li S. 2010. Determination of trace vanadium (V) in seawater and fresh water by the catalytic kinetic spectrophotometric method. *J. Ocean Univers. China (English Ed.)*, 9 (4): 343–349.
- 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.
- Nodot C., Bourcier M., Juedy De Grissac A., Hursner S., Regis J., Tine J. 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). 2. La Grande Rade. *Tethys*, 11: 141-153.
- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York. 424 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogaster, Gastropoda)*. Vol. 1. Publ. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.
- 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 sédimentation 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.
- 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.
- Totti C., Civitarese G., Acri F., Barletta D., Candelari G., Paschini E., Solazzi A. 2000. Seasonal

- variability of phytoplankton populations in the middle Adriatic sub-basin. *J. Plankton Res.*, 22(9): 1735–1756.
- UNI EN ISO. 2000. *Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Skeletonema costatum e Phaeodactylum tricornerutum*. 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.

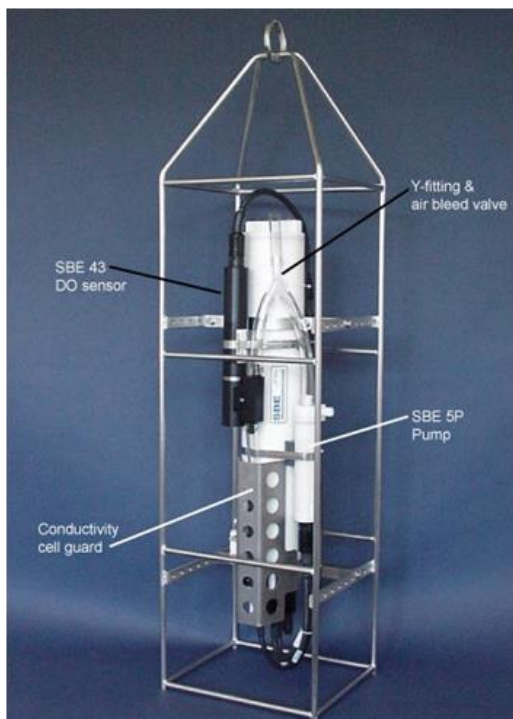
*ALLEGATO A*

**SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE**

**UTILIZZATA NELLE INDAGINI**

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

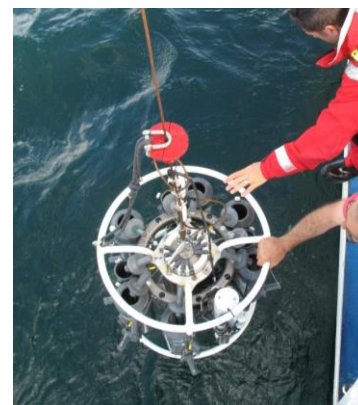
**A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”**



**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 $\text{S m}^{-1}$	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 $\text{ml L}^{-1}$	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.



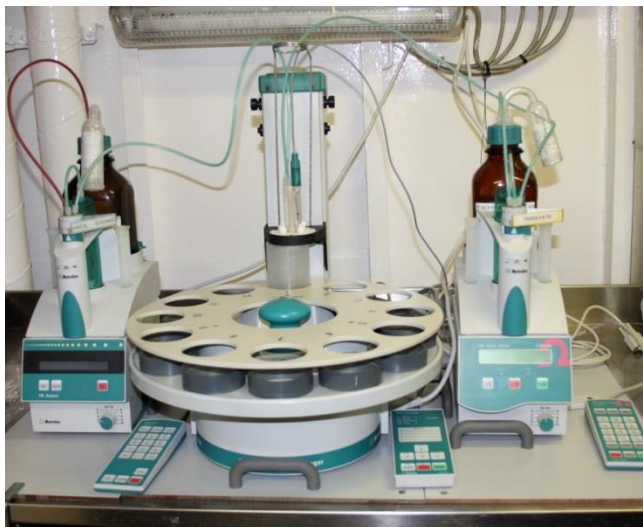
## A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
ADCP	Teledyne RD Instruments	Sentinel V	0,1 cm/s	± 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	± 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**



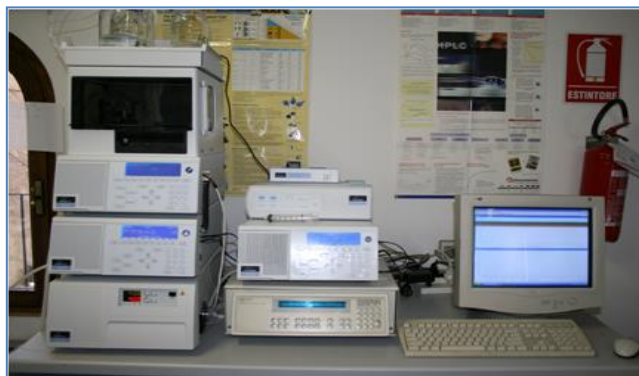
**A1- VIII Analisi BTEX - Spettrofotometro di massa quadrupolare HEWLWTT-PACKARD GC/MS 5973 Network**



**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	$\pm 0,01$ 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 <sup>2</sup> )
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

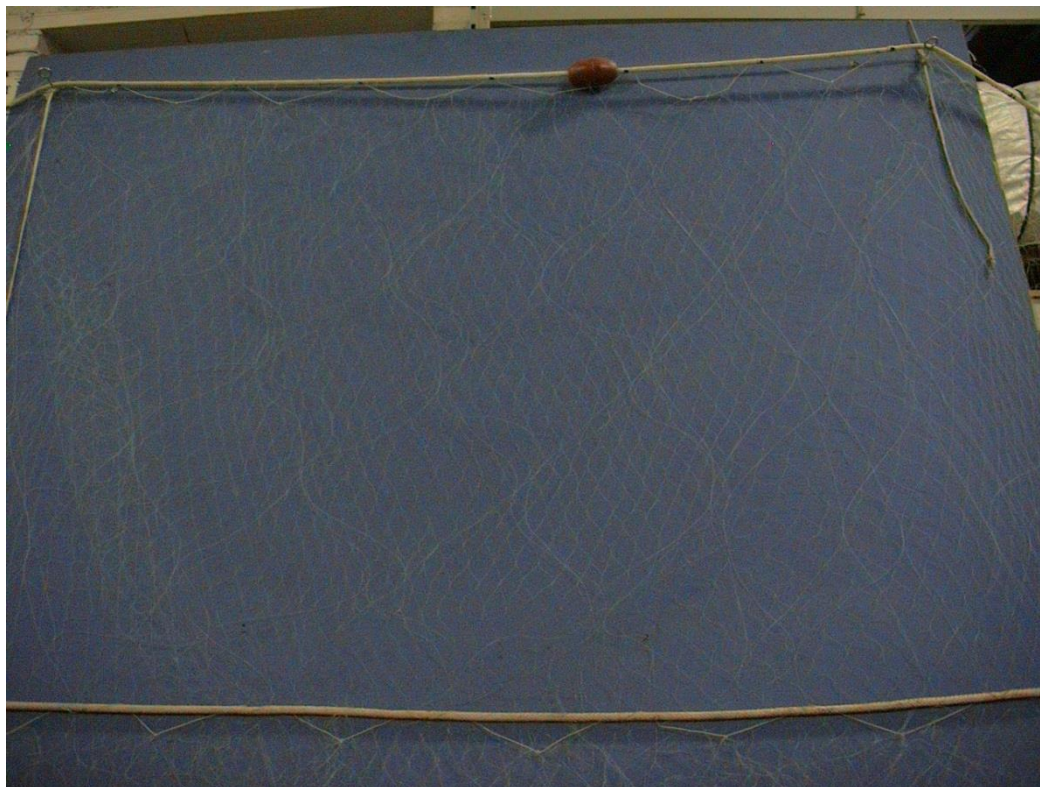


<b>Strumento</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Risoluzione</b>	<b>Capacità</b>
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

## A4

### INDAGINI SULLA COMUNITA' ITTICA

#### A4-I RETE TREMAGLIO



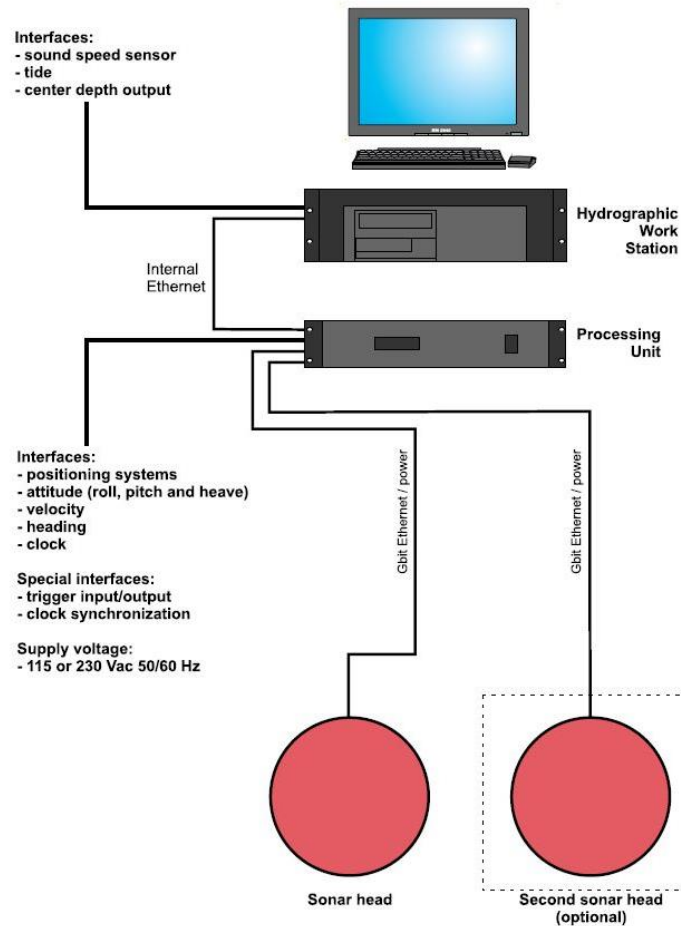
Lunghezza totale: 300 m

	<b>Pannello interno</b>	<b>Pannello esterno</b>
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

	<b>Lima dei galleggianti</b>	<b>galleggianti</b>	<b>Lima dei piombi</b>
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 2040C

### System diagram



### Features

The EM 2040C-D (C for Compact – D for Dual Heads) is a shallow water multibeam echosounder, ideal tool for high-resolution mapping and inspection application that fulfils and even surpasses the IHO-S44 special order and the more stringent LINZ specification.

The EM 2040C system operating frequency range is from 200 to 400 kHz enabling the user to choose on the fly the best operating frequency for the application in base of the depth.

The EM 2040C-D has three units: a sonar head (two for this system) where receiver and transmitter are integrated, a processing unit and a hydrographic workstation. For completeness, data input from a motion sensor and a positioning system is required, as is the sound speed profile of the water column between the transducers and the bottom. Sound speed at the transducer depth is an optional input and is highly recommended, especially for a dual head system.

Further features:

- Wide frequency range
- FM chirp
- Roll and pitch stabilisation
- Yaw stabilisation
- Nearfield focusing both on transmit and receive
- Short pulse lengths, large bandwidth
- Water column display
- Seabed image
- Water column logging
- Dual swath

## Technical specifications

### Performance specifications

• Frequency range:	200 – 400 kHz
• Maximum detected depth:	490 m
• Minimum detected depth:	0.5 m
• Maximum ping rate:	50 Hz
• Number of soundings per ping (dual head):	Up to 1600
• Beam width (TX x RX) at 200 kHz:	2 x 2 degrees
• Beam width (TX x RX) at 300 kHz:	1.3 x 1.3 degrees
• Beam width (TX x RX) at 400 kHz:	1 x 1degrees
• TX source level at 300 kHz:	204.5 dB re 1 $\mu$ Pa at 1 m
• RX beam spacing:	Equidistant, equiangle and high density
• Coverage sector (dual head):	200 degrees at 200 – 320 kHz,
• Coverage sector (dual head):	170 degrees at 350 kHz,
• Coverage sector (dual head):	140 degrees at 400 kHz
• Transmit beam steering:	Stabilised for pitch (+/- 10 degrees)
• Receive beam steering:	Stabilised for roll (+/- 15 degrees)
• Range resolution (defined as $cT/2$ ):	18.8 mm at 25 $\mu$ s pulse
• Roll stabilised beams:	+/-15 degrees
• Pitch stabilised beams:	+/-10 degrees
• Yaw stabilised beams:	+/-10 degrees
• Pulse length:	14 $\mu$ s -12ms
• System accuracy:	better then 10 mm
• Depth resolution	1 cm
• Transducer geometry	Mills cross

### External sensors

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

### Environmental and EMC specifications

The system fulfils and even surpasses the IHO-S44 special order and the more stringent LINZ specification.

### 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**

**3° SURVEY POST LAVORI DI INSTALLAZIONE**

**1° semestre 2017**



## Stazione A1 (250 m NW)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	4,16
Mediana	M <sub>d</sub>	3,51
Classazione	Q	2,14
Asimmetria	S <sub>kl</sub>	0,54
Appuntimento	K <sub>G</sub>	1,61

PERCENTILE	Ø
5	2,04
16	2,43
25	2,75
50	3,51
75	4,63
84	6,52
95	9,39

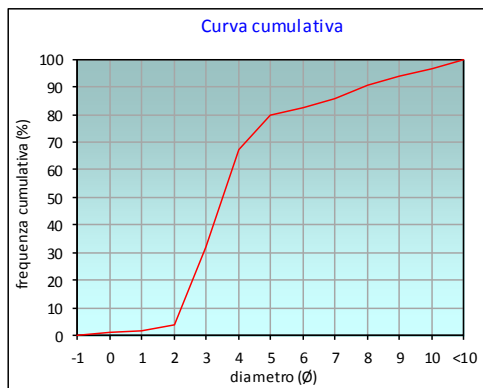
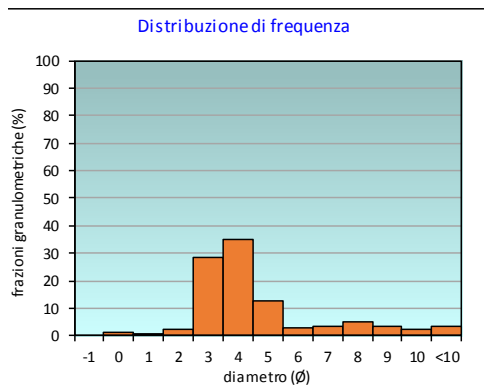
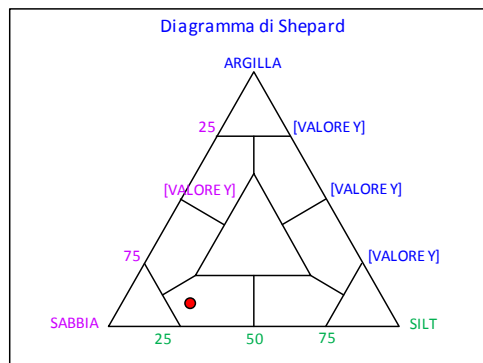
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,0	1,0
SABBIA	1	500	0,6	1,7
	2	250	2,1	3,8
	3	125	28,3	32,0
	4	62,5	35,2	67,2
LIMO	5	31,2	12,4	79,6
	6	15,6	2,7	82,3
	7	7,8	3,2	85,5
ARGILLA	8	3,9	5,1	90,6
	9	2	3,4	94,0
	10	0,98	2,5	96,5
	<10	<0,98	3,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	67,2	23,4	9,4

NOTE

Resti conciliari sul 2000µm. Su 1000 e 500µm detrito calcareo organogeno; sul 250µm prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione A2 (120 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	21,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	$M_i$	4,04
Mediana	$M_d$	3,63
Classazione	$\sigma$	1,92
Asimmetria	$S_{ki}$	0,45
Appuntimento	$K_c$	1,54

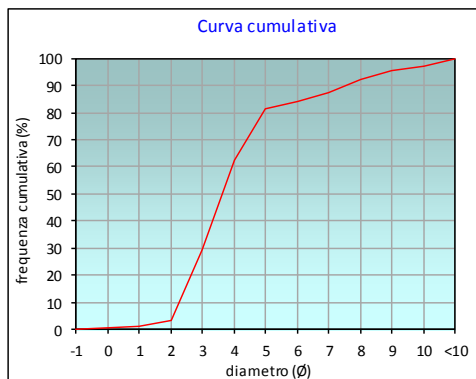
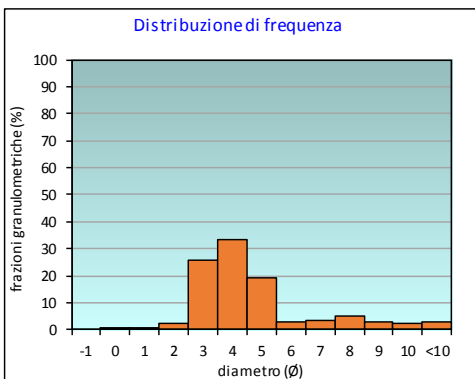
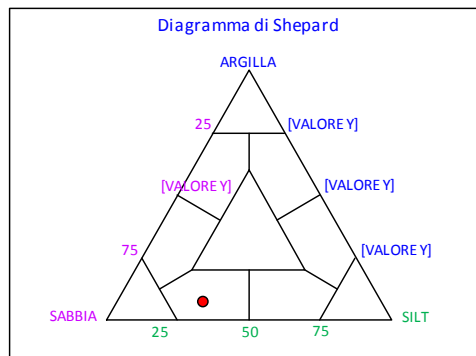
PERCENTILE	$\phi$
5	2,06
16	2,49
25	2,84
50	3,63
75	4,67
84	6,00
95	8,93

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,7	1,3
	2	250	2,1	3,4
	3	125	25,6	29,0
	4	62,5	33,2	62,2
LIMO	5	31,2	19,0	81,2
	6	15,6	2,8	84,0
	7	7,8	3,2	87,2
	8	3,9	4,9	92,1
ARGILLA	9	2	3,1	95,2
	10	0,98	2,1	97,3
	<10	<0,98	2,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	62,2	30,0	7,9

NOTE
Resti conciliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$ detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$ prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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





## Stazione A3 (60 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	33,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,33	5	1,56
Mediana	$M_d$	3,54	16	2,39
Classazione	$\sigma$	2,39	25	2,75
Asimmetria	$S_{sk}$	0,51	50	3,54
Appuntimento	$K_g$	1,42	75	5,07
			84	7,08
			95	9,58

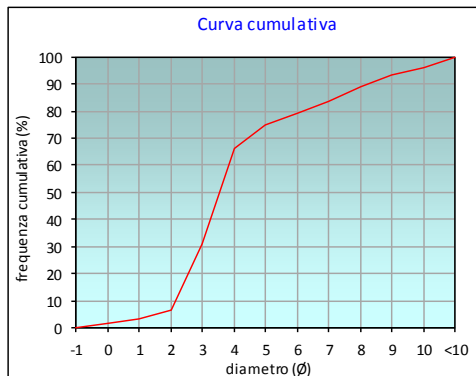
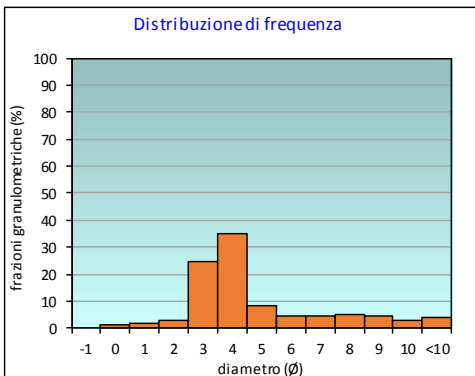
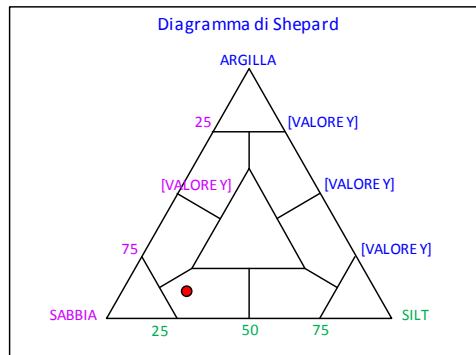
	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Cumul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,4	1,4
	1	500	1,9	3,3
	2	250	3,1	6,4
	3	125	24,8	31,2
<b>LIMO</b>	4	62,5	35,0	66,2
	5	31,2	8,5	74,7
	6	15,6	4,6	79,3
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	4,3	83,6
	8	3,9	5,2	88,8
	9	2	4,4	93,2
	10	0,98	3,1	96,3
	<10	<0,98	3,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	66,2	22,6	11,2

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione A4 (30 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	26,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,17	5	1,70
Mediana	$M_d$	3,72	16	2,49
Classazione	$\sigma$	2,08	25	2,92
Asimmetria	$S_{sk}$	0,41	50	3,72
Appuntimento	$K_g$	1,62	75	4,80
			84	6,32
			95	9,12

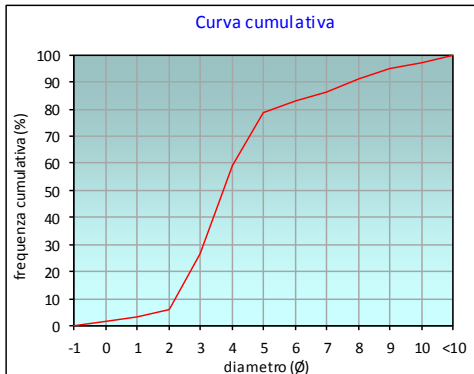
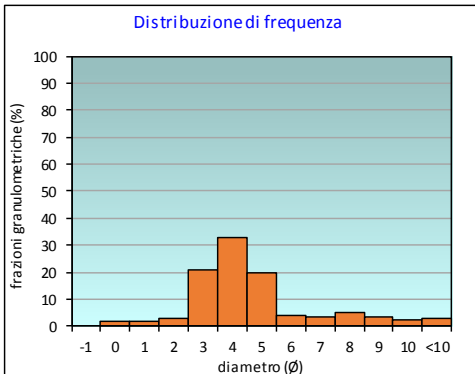
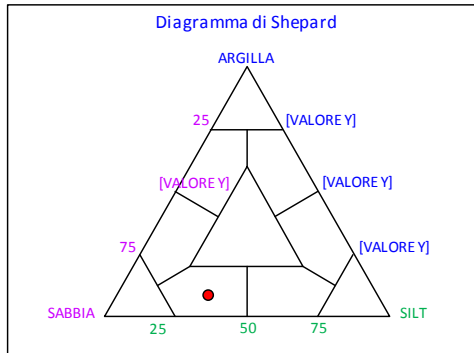
	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,6	1,6
	1	500	1,5	3,1
	2	250	2,8	5,8
	3	125	20,8	26,7
<b>LIMO</b>	4	62,5	32,6	59,3
	5	31,2	19,7	78,9
	6	15,6	4,0	82,9
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	3,5	86,4
	8	3,9	4,9	91,3
	9	2	3,4	94,7
	10	0,98	2,3	97,1
	<10	<0,98	2,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	59,3	32,0	8,7

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione BO NW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	26,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

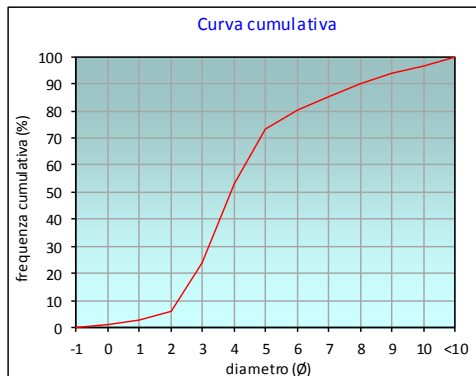
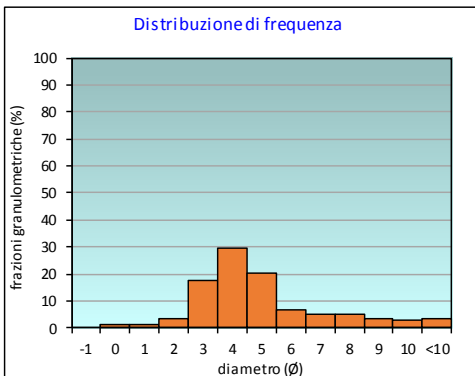
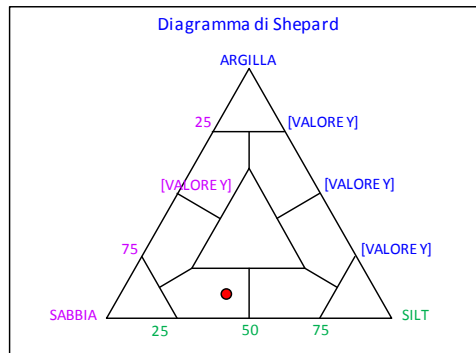
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,41	5	1,75
Mediana	$M_d$	3,89	16	2,57
Classazione	$\sigma$	2,22	25	3,05
Asimmetria	$S_{sk}$	0,41	50	3,89
Appuntimento	$K_g$	1,44	75	5,25
			84	6,77
			95	9,50

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,3	1,3
	1	500	1,2	2,5
	2	250	3,4	5,9
	3	125	17,8	23,7
<b>LIMO</b>	4	62,5	29,5	53,2
	5	31,2	20,2	73,4
	6	15,6	6,7	80,0
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	5,2	85,2
	8	3,9	4,8	90,0
	9	2	3,6	93,6
	10	0,98	2,7	96,4
	<10	<0,98	3,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	53,2	36,8	10,0

**NOTE**  
 Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione BO SE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	32,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

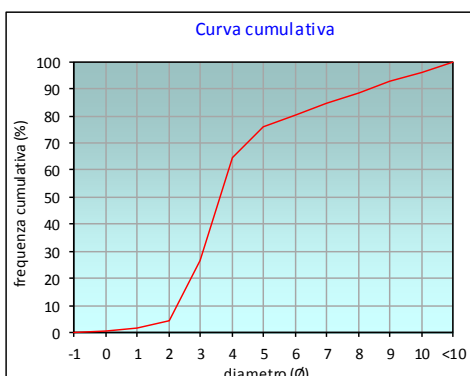
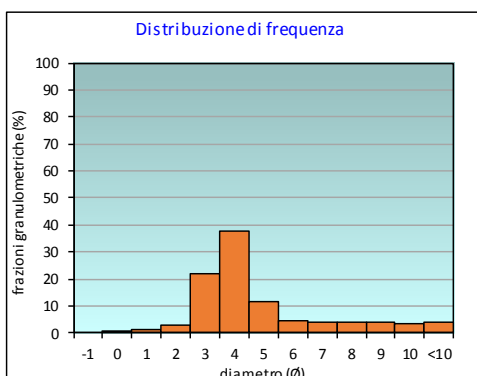
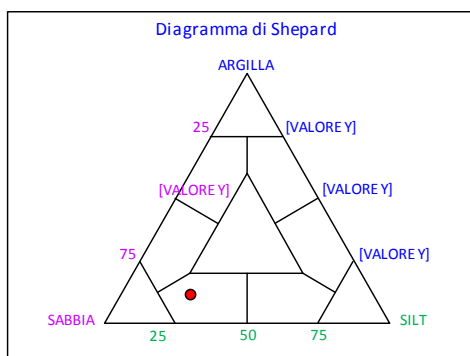
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,34	5	2,02
Mediana	$M_d$	3,62	16	2,52
Classazione	$\sigma$	2,26	25	2,92
Asimmetria	$S_u$	0,54	50	3,62
Appuntimento	$K_g$	1,57	75	4,94
			84	6,87
			95	9,75

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	0,8	0,8
	1	500	1,1	1,8
	2	250	2,7	4,5
	3	125	22,1	26,7
<b>LIMO</b>	4	62,5	37,6	64,3
	5	31,2	11,4	75,7
	6	15,6	4,6	80,3
	7	7,8	4,2	84,5
<b>ARGILLA</b>	8	3,9	3,9	88,4
	9	2	4,1	92,6
	10	0,98	3,2	95,8
	<10	<0,98	4,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	64,3	24,2	11,6

**NOTE**  
 Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione A5 (30 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	27,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	4,52	5		2,01
Mediana	$M_d$	3,81	16		2,56
Classazione	$\sigma$	2,30	25		3,00
Asimmetria	$S_{sk}$	0,49	50		3,81
Appuntimento	$K_g$	1,58	75		4,97
			84		7,19
			95		9,59

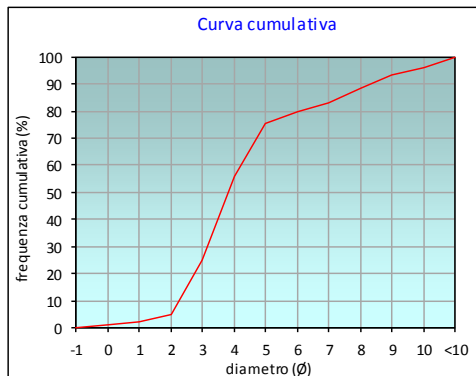
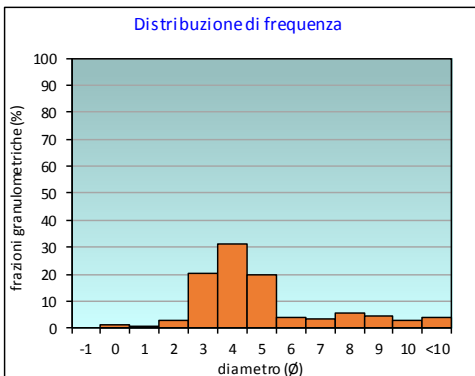
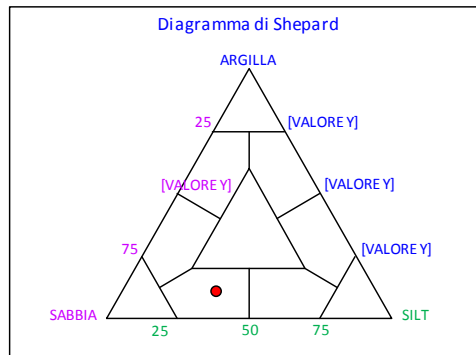
	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,1	1,1
	1	500	0,9	2,0
	2	250	2,8	4,7
	3	125	20,2	24,9
<b>LIMO</b>	4	62,5	31,1	56,0
	5	31,2	19,6	75,6
	6	15,6	4,1	79,6
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	3,3	83,0
	8	3,9	5,6	88,6
	9	2	4,6	93,2
	10	0,98	3,1	96,3
	<10	<0,98	3,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	56,0	32,6	11,4

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione A6 (60 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	32,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

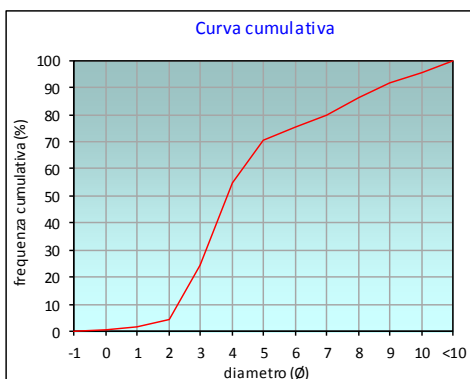
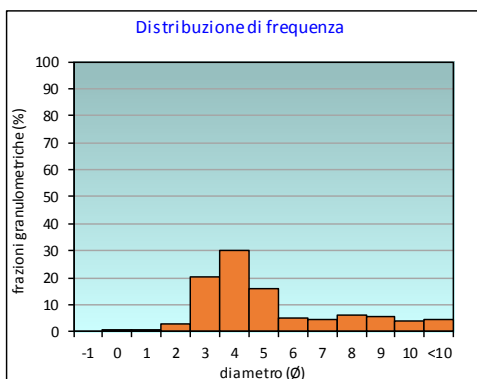
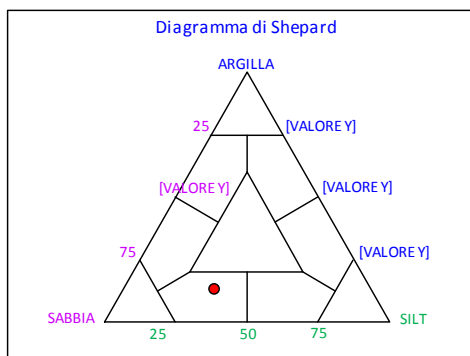
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	$\phi$
Media	$M_i$	4,69	5	2,04
Mediana	$M_d$	3,85	16	2,58
Classazione	$\sigma$	2,46	25	3,02
Asimmetria	$S_{ki}$	0,52	50	3,85
Appuntimento	$K_c$	1,13	75	5,89
			84	7,64
			95	9,92

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,9	1,5
	2	250	2,8	4,2
	3	125	20,2	24,4
	4	62,5	30,1	54,5
LIMO	5	31,2	16,1	70,6
	6	15,6	4,9	75,6
	7	7,8	4,4	80,0
	8	3,9	6,3	86,2
ARGILLA	9	2	5,3	91,5
	10	0,98	3,8	95,3
	<10	<0,98	4,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	54,5	31,7	13,8

NOTE
Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$ detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$ prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione A7 (120 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	35,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,70	5	1,85
Mediana	$M_d$	3,84	16	2,51
Classazione	$\sigma$	2,56	25	2,95
Asimmetria	$S_{sk}$	0,51	50	3,84
Appuntimento	$K_g$	1,09	75	6,05
			84	7,75
			95	10,11

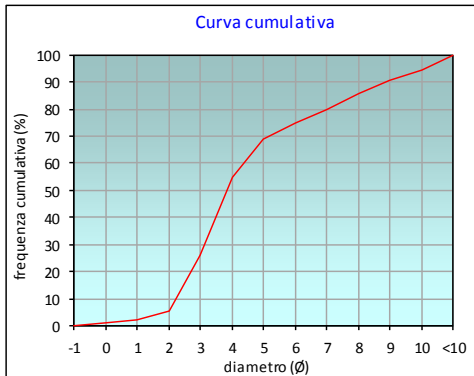
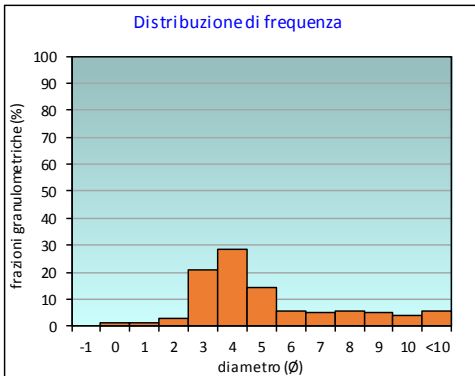
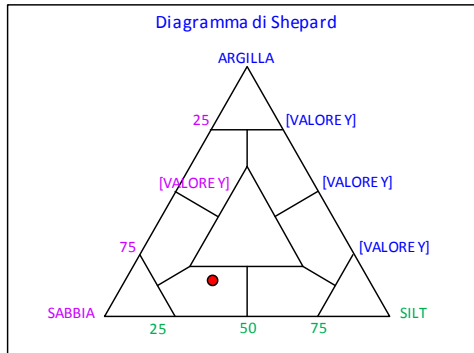
	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,3	1,3
SABBIA	1	500	1,1	2,4
	2	250	3,0	5,4
	3	125	20,6	26,0
	4	62,5	28,6	54,7
LIMO	5	31,2	14,5	69,2
	6	15,6	5,6	74,8
	7	7,8	5,0	79,7
ARGILLA	8	3,9	5,7	85,4
	9	2	4,9	90,4
	10	0,98	4,0	94,4
	<10	<0,98	5,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	54,7	30,8	14,6

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione A8 (250 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	31,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

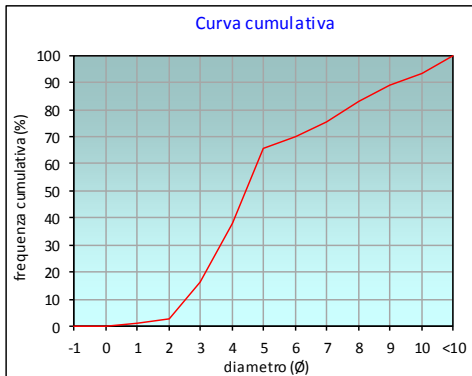
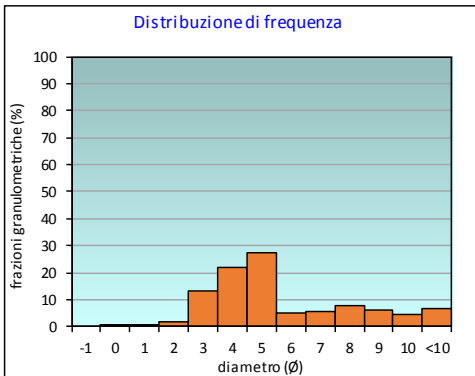
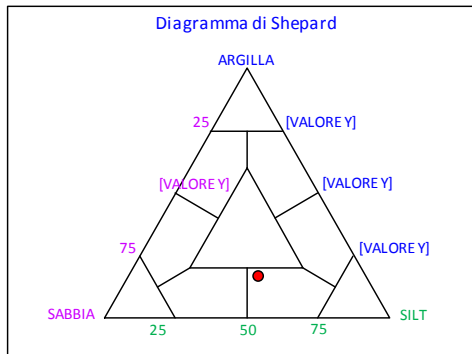
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M <sub>i</sub>	5,20	5	2,17
Mediana	M <sub>d</sub>	4,44	16	2,99
Classazione	σ	2,51	25	3,41
Asimmetria	S <sub>kl</sub>	0,44	50	4,44
Appuntimento	K <sub>c</sub>	0,94	75	6,90
			84	8,16
			95	10,23

	φ	μm	%	Freq. Cumul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
<b>SABBIA</b>	1	500	0,9	1,0
	2	250	1,7	2,8
	3	125	13,4	16,1
	4	62,5	21,8	38,0
<b>LIMO</b>	5	31,2	27,4	65,4
	6	15,6	4,8	70,1
	7	7,8	5,4	75,5
	8	3,9	7,5	83,1
<b>ARGILLA</b>	9	2	5,9	88,9
	10	0,98	4,6	93,5
	<10	<0,98	6,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	38,0	45,1	16,9

**NOTE**  
 Resti conchiliari sul 2000μm. Su 1000 e 500μm detrito calcareo organogeno; sul 250μm prevalenza di detrito calcareo organogeno.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt sabbioso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Mesocurtica





## Stazione B1 (250 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	27,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,61	5	2,11
Mediana	$M_d$	3,86	16	2,62
Classazione	$\sigma$	2,38	25	3,02
Asimmetria	$S_u$	0,52	50	3,86
Appuntimento	$K_g$	1,53	75	5,13
			84	7,36
			95	9,99

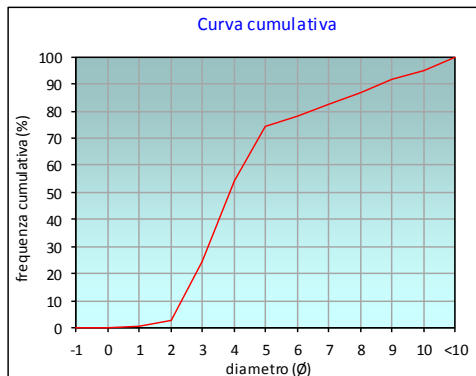
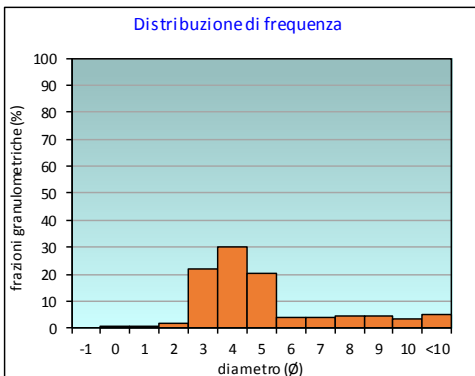
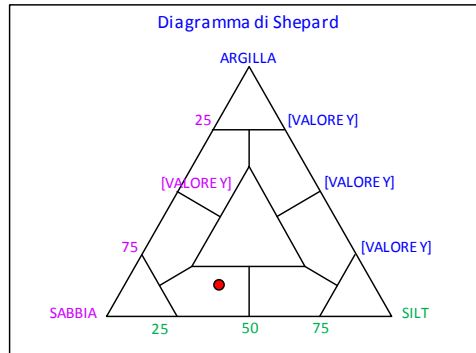
	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Cumul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,5	0,6
	2	250	1,9	2,5
	3	125	22,0	24,5
<b>LIMO</b>	4	62,5	29,8	54,3
	5	31,2	20,2	74,5
	6	15,6	3,8	78,3
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	4,1	82,3
	8	3,9	4,7	87,0
	9	2	4,4	91,4
	10	0,98	3,6	95,0
	<10	<0,98	5,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	54,3	32,7	13,0

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione B2 (120 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	31,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

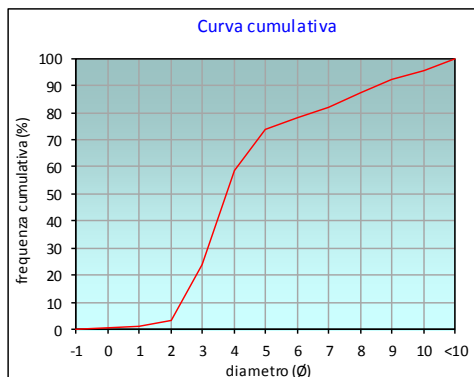
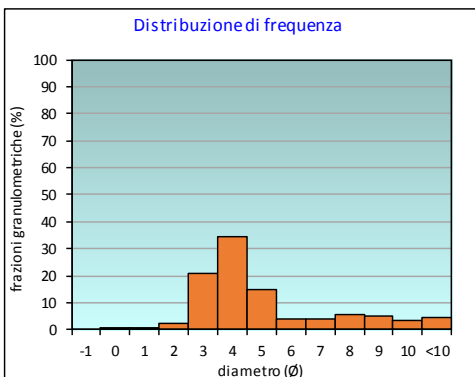
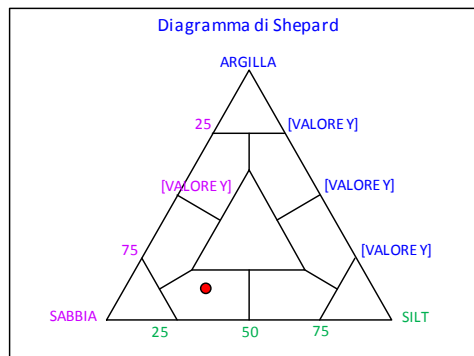
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_i$	4,59	5	2,08	
Mediana	$M_d$	3,75	16	2,61	
Classazione	$\sigma$	2,37	25	3,03	
Asimmetria	$S_{ki}$	0,55	50	3,75	
Appuntimento	$K_c$	1,39	75	5,31	
			84	7,40	
			95	9,80	

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,5	1,0
	2	250	2,3	3,4
	3	125	20,6	24,0
	4	62,5	34,7	58,7
LIMO	5	31,2	15,0	73,7
	6	15,6	4,2	77,9
	7	7,8	3,9	81,8
	8	3,9	5,5	87,3
ARGILLA	9	2	4,9	92,2
	10	0,98	3,5	95,7
	<10	<0,98	4,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,7	28,6	12,7

NOTE
Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$ detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$ prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione B3 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	31,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	4,47	5		2,08
Mediana	$M_d$	3,72	16		2,61
Classazione	$\sigma$	2,23	25		3,03
Asimmetria	$S_{sk}$	0,53	50		3,72
Appuntimento	$K_g$	1,43	75		5,13
			84		7,06
			95		9,45

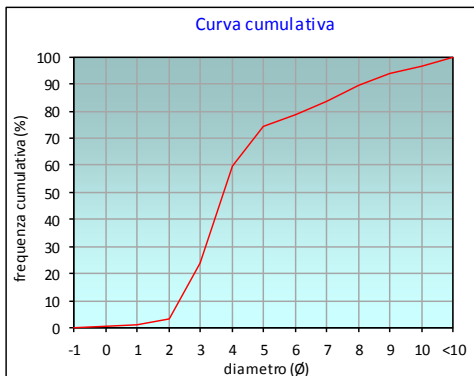
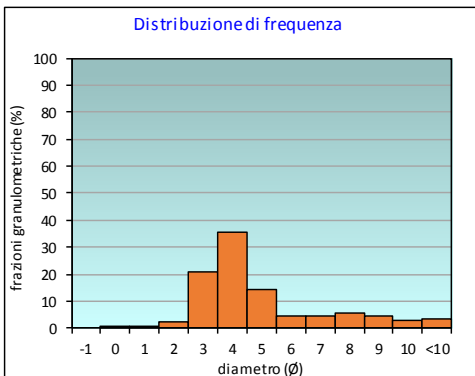
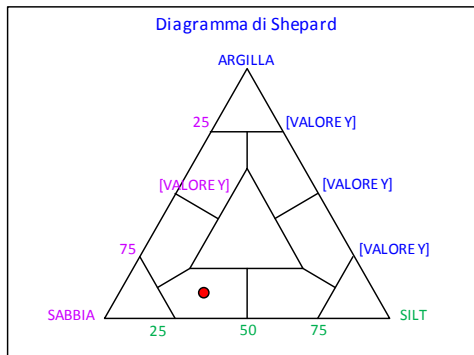
	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	0,7	1,1
	2	250	2,3	3,3
	3	125	20,8	24,1
	4	62,5	35,8	59,9
LIMO	5	31,2	14,5	74,4
	6	15,6	4,5	78,9
	7	7,8	4,7	83,6
ARGILLA	8	3,9	5,8	89,5
	9	2	4,3	93,7
	10	0,98	2,9	96,6
	<10	<0,98	3,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	59,9	29,6	10,5

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione B4 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	27,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	4,28	5		2,04
Mediana	$M_d$	3,65	16		2,46
Classazione	$\sigma$	2,16	25		2,80
Asimmetria	$S_u$	0,50	50		3,65
Appuntimento	$K_g$	1,42	75		4,87
			84		6,73
			95		9,24

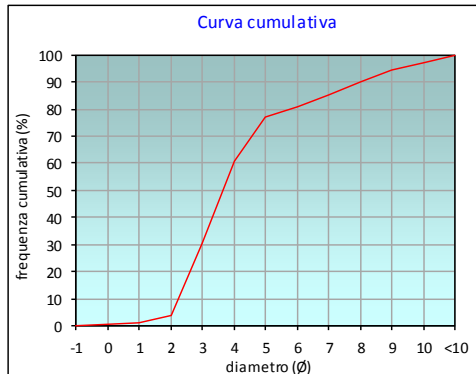
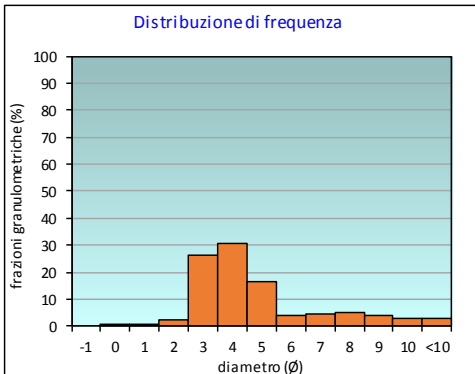
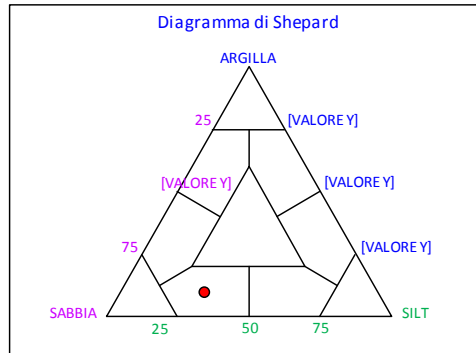
	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	0,5	0,5
	1	500	0,8	1,3
	2	250	2,5	3,9
	3	125	26,4	30,2
<b>LIMO</b>	4	62,5	30,6	60,8
	5	31,2	16,3	77,1
	6	15,6	3,7	80,8
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	4,4	85,2
	8	3,9	5,1	90,2
	9	2	4,1	94,4
	10	0,98	2,6	97,0
	<10	<0,98	3,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	60,8	29,4	9,8

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione BO NE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	31,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

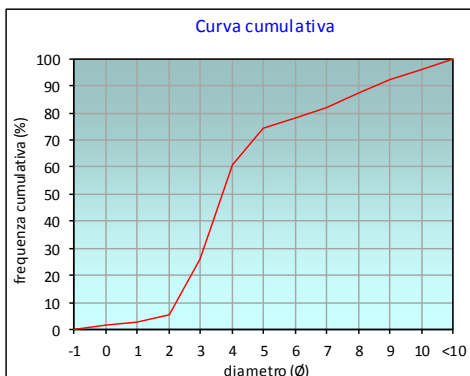
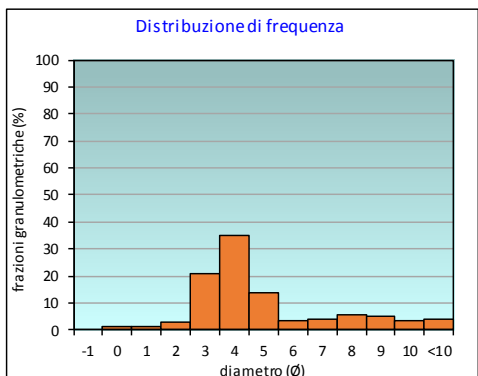
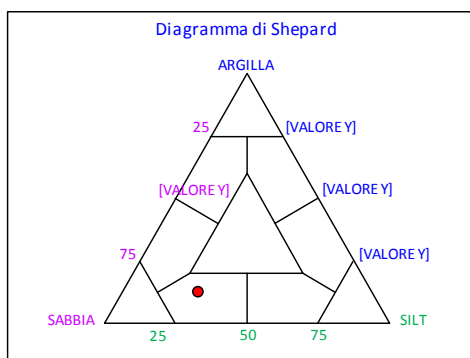
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	4,54	5	1,88	
Mediana	$M_d$	3,69	16	2,52	
Classazione	$\sigma$	2,42	25	2,95	
Asimmetria	$S_u$	0,53	50	3,69	
Appuntimento	$K_g$	1,48	75	5,13	
			84	7,40	
			95	9,77	

	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Cumul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,4	1,4
	1	500	1,1	2,5
	2	250	2,8	5,3
	3	125	20,6	26,0
<b>LIMO</b>	4	62,5	34,8	60,8
	5	31,2	13,7	74,5
	6	15,6	3,6	78,2
	7	7,8	3,7	81,9
<b>ARGILLA</b>	8	3,9	5,3	87,2
	9	2	5,1	92,3
	10	0,98	3,5	95,8
	<10	<0,98	4,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	60,8	26,4	12,8

**NOTE**  
 Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione BO SW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $g/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	29,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

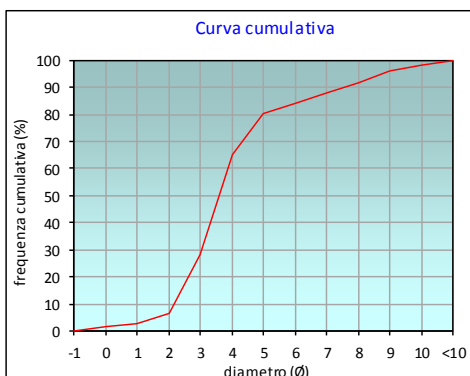
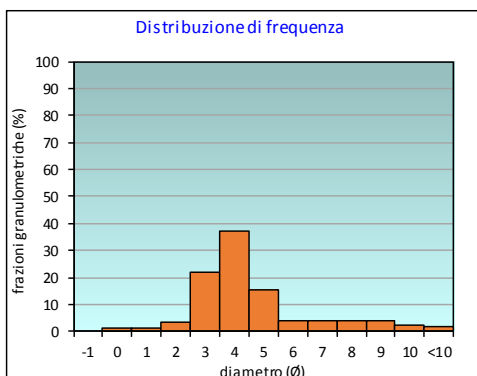
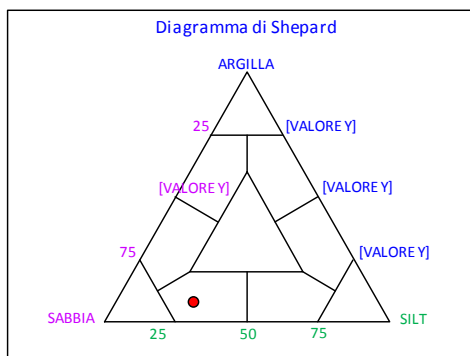
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_i$	3,99	5	1,63	
Mediana	$M_d$	3,60	16	2,45	
Classazione	$\sigma$	1,95	25	2,86	
Asimmetria	$S_{ki}$	0,40	50	3,60	
Appuntimento	$K_c$	1,63	75	4,65	
			84	5,94	
			95	8,76	

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,4	1,4
SABBIA	1	500	1,3	2,8
	2	250	3,5	6,3
	3	125	21,7	28,0
	4	62,5	36,9	64,9
LIMO	5	31,2	15,5	80,4
	6	15,6	3,9	84,2
	7	7,8	3,9	88,1
	8	3,9	3,8	91,9
ARGILLA	9	2	4,0	96,0
	10	0,98	2,2	98,1
	<10	<0,98	1,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	64,9	27,0	8,1

NOTE	
Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$ detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$ prevalenza di detrito calcareo organogeno.	

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



## tazione B5 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	27,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	3,85	5	1,81
Mediana	$M_d$	3,51	16	2,41
Classazione	$\sigma$	1,85	25	2,77
Asimmetria	$S_{sk}$	0,41	50	3,51
Appuntimento	$K_g$	1,65	75	4,48
			84	5,64
			95	8,69

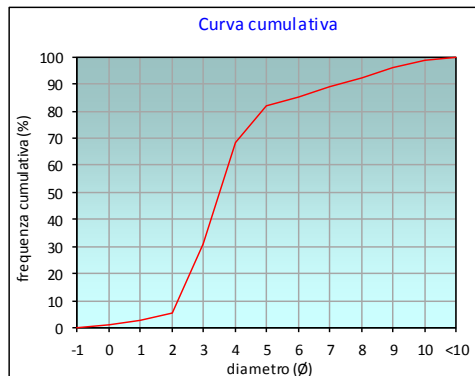
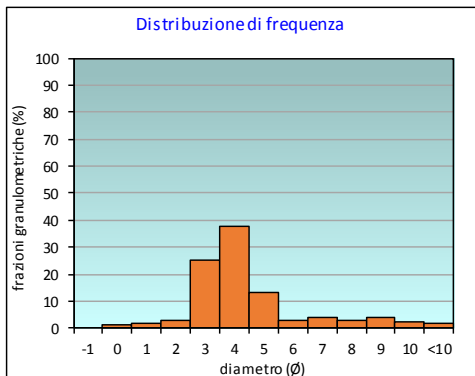
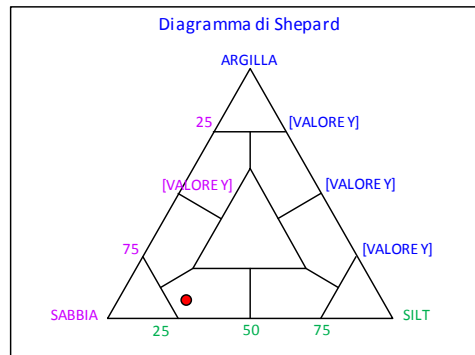
	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,0	1,0
	1	500	1,6	2,6
	2	250	3,0	5,6
	3	125	25,3	30,9
<b>LIMO</b>	4	62,5	37,7	68,6
	5	31,2	13,4	82,0
	6	15,6	3,1	85,1
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	4,1	89,2
	8	3,9	3,0	92,2
	9	2	4,1	96,3
	10	0,98	2,2	98,5
	<10	<0,98	1,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	68,6	23,6	7,8

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione B6 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	30,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,34	5	1,87
Mediana	$M_d$	3,52	16	2,43
Classazione	$\sigma$	2,33	25	2,79
Asimmetria	$S_u$	0,55	50	3,52
Appuntimento	$K_g$	1,47	75	4,95
			84	7,07
			95	9,57

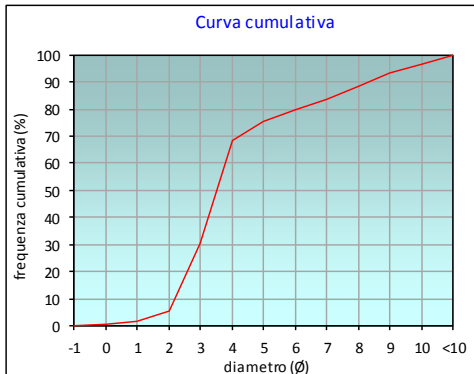
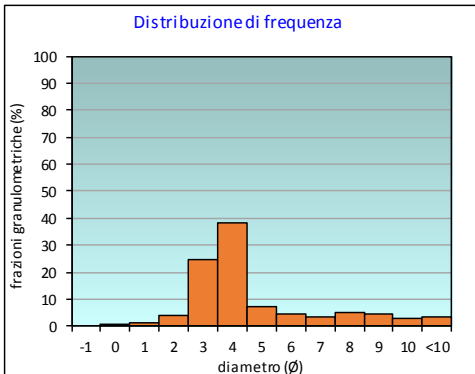
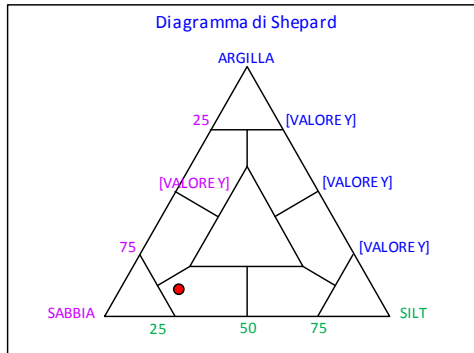
	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	0,8	0,8
	1	500	1,0	1,8
	2	250	3,7	5,5
	3	125	24,6	30,1
<b>LIMO</b>	4	62,5	38,3	68,4
	5	31,2	7,0	75,4
	6	15,6	4,6	80,0
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	3,7	83,6
	8	3,9	5,0	88,7
	9	2	4,5	93,2
	10	0,98	3,1	96,3
	<10	<0,98	3,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	68,4	20,2	11,3

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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





## Stazione B7 (120 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	33,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	4,47	5	1,96	
Mediana	$M_d$	3,63	16	2,48	
Classazione	$\sigma$	2,37	25	2,87	
Asimmetria	$S_u$	0,54	50	3,63	
Appuntimento	$K_g$	1,22	75	5,44	
			84	7,31	
			95	9,61	

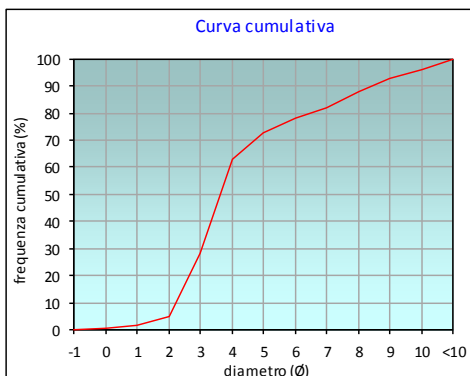
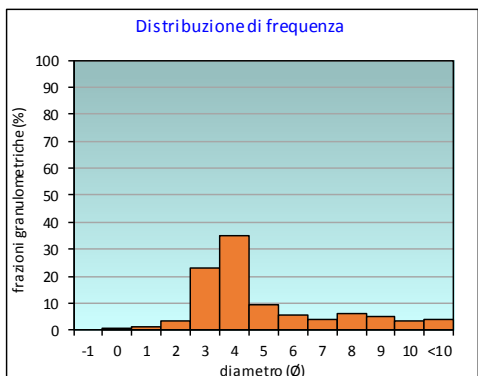
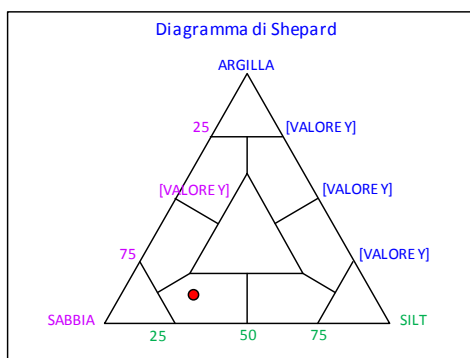
	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	0,7	0,7
	1	500	1,0	1,7
	2	250	3,5	5,1
	3	125	22,9	28,0
<b>LIMO</b>	4	62,5	35,0	62,9
	5	31,2	9,5	72,4
	6	15,6	5,8	78,3
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	3,9	82,2
	8	3,9	5,9	88,1
	9	2	5,0	93,0
	10	0,98	3,2	96,3
	<10	<0,98	3,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	62,9	25,1	11,9

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	32,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	4,71	5		2,02
Mediana	$M_d$	3,81	16		2,61
Classazione	$\sigma$	2,49	25		3,05
Asimmetria	$S_{sk}$	0,54	50		3,81
Appuntimento	$K_g$	1,13	75		5,93
			84		7,73
			95		9,98

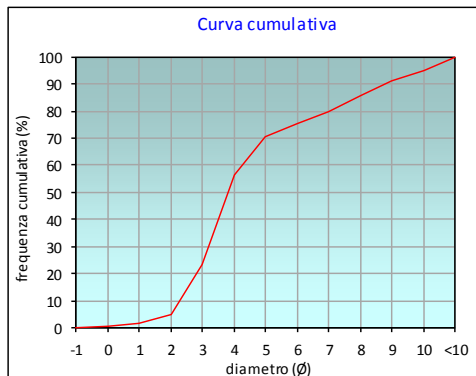
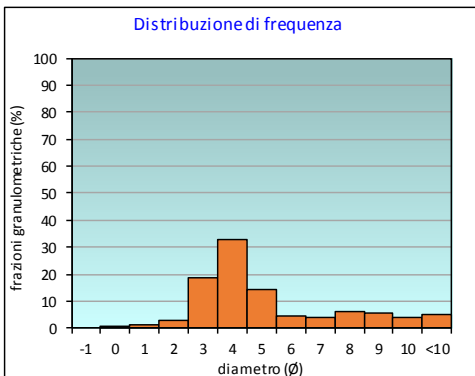
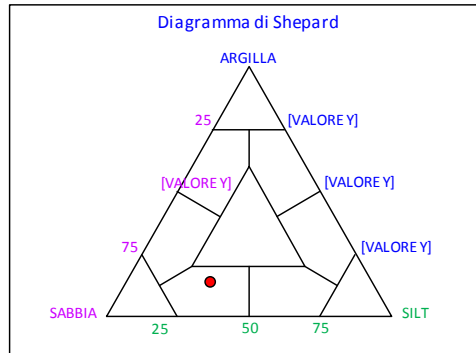
	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	1,1	1,8
	2	250	2,9	4,7
	3	125	18,7	23,4
	4	62,5	33,1	56,4
LIMO	5	31,2	14,2	70,6
	6	15,6	4,7	75,3
	7	7,8	4,2	79,5
ARGILLA	8	3,9	6,2	85,7
	9	2	5,5	91,1
	10	0,98	3,9	95,1
	<10	<0,98	4,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	56,4	29,2	14,3

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



# Stazione K1

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	34,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

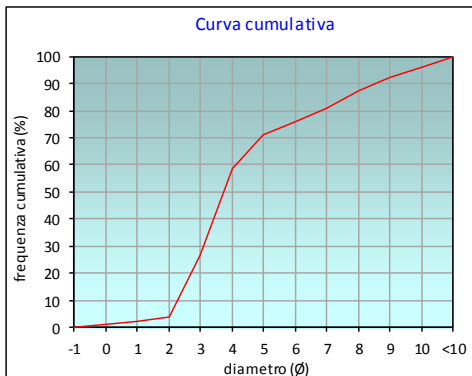
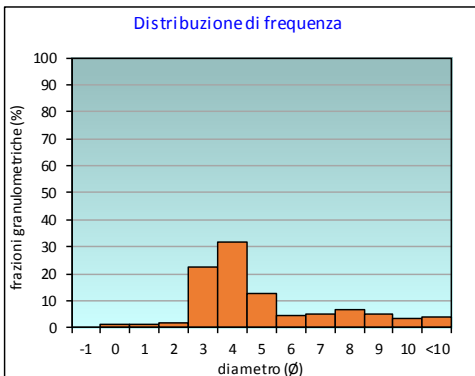
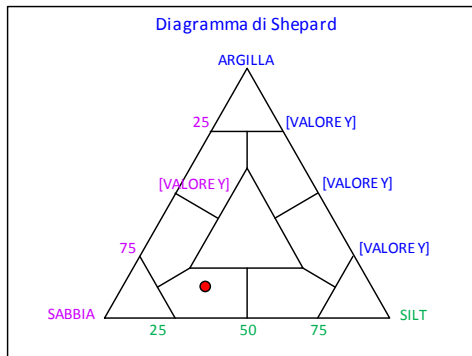
PARAMETRI STATISTICI		PERCENTILE		Ø
Media	M <sub>i</sub>	4,59	5	2,04
Mediana	M <sub>d</sub>	3,74	16	2,53
Classazione	σ	2,40	25	2,94
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,54	50	3,74
Appuntimento	K <sub>G</sub>	1,09	75	5,83
			84	7,49
			95	9,74

	Ø	µm	%	Freq. Cumul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,1	1,1
	1	500	1,2	2,3
	2	250	1,8	4,1
	3	125	22,3	26,4
<b>LIMO</b>	4	62,5	32,0	58,4
	5	31,2	12,9	71,2
	6	15,6	4,5	75,8
	7	7,8	5,1	80,9
<b>ARGILLA</b>	8	3,9	6,4	87,3
	9	2	5,2	92,5
	10	0,98	3,4	95,9
	<10	<0,98	4,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,4	28,9	12,7

**NOTE**  
 Resti conchiliari sul 2000µm. Su 1000 e 500µm detrito calcareo organogeno; sul 250µm prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione K2

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	28,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

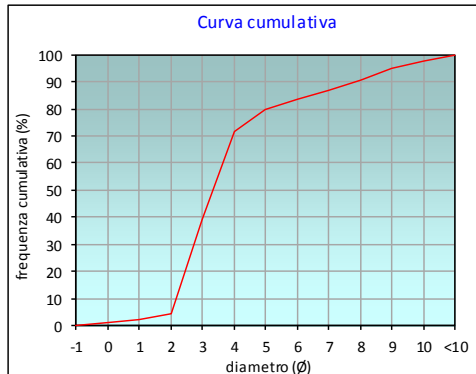
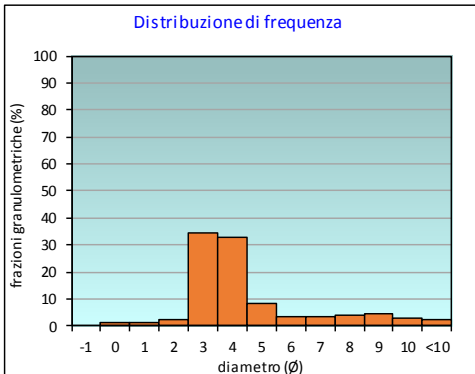
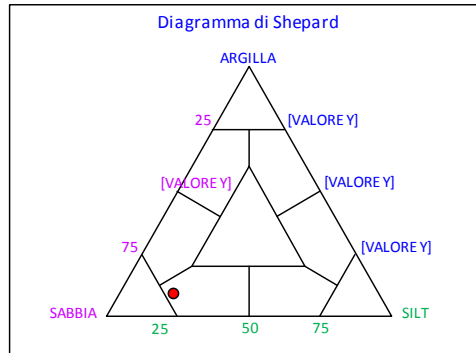
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	3,94	5		2,01
Mediana	$M_d$	3,33	16		2,33
Classazione	$\sigma$	2,01	25		2,59
Asimmetria	$S_u$	0,55	50		3,33
Appuntimento	$K_g$	1,58	75		4,39
			84		6,16
			95		8,98

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,2	1,2
	1	500	1,1	2,2
	2	250	2,3	4,5
	3	125	34,6	39,1
<b>LIMO</b>	4	62,5	32,6	71,8
	5	31,2	8,2	80,0
	6	15,6	3,5	83,5
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	3,3	86,8
	8	3,9	3,9	90,6
	9	2	4,5	95,1
	10	0,98	2,6	97,7
	<10	<0,98	2,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	71,8	18,9	9,4

NOTE  
Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



# Stazione K3

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	26,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

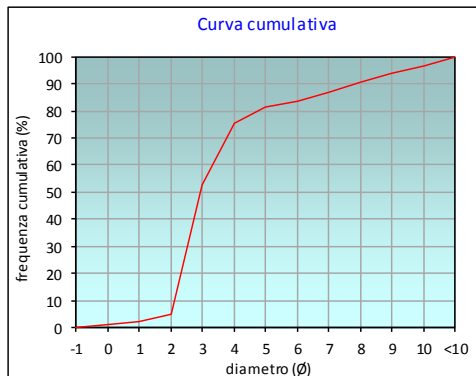
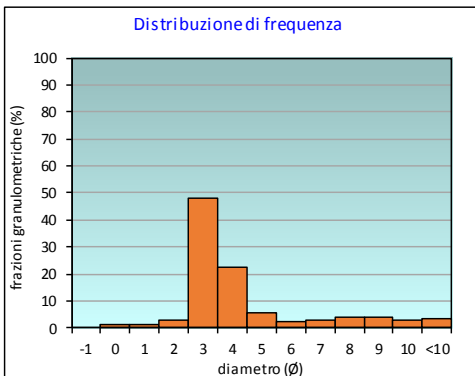
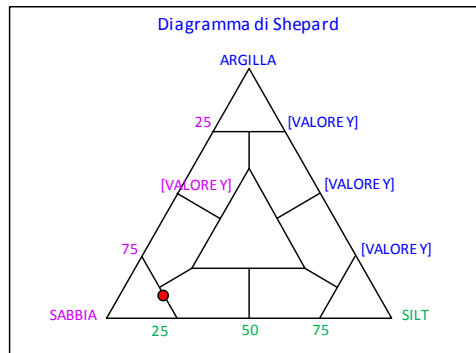
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	3,77	5		2,00
Mediana	$M_d$	2,94	16		2,23
Classazione	$\sigma$	2,09	25		2,42
Asimmetria	$S_u$	0,69	50		2,94
Appuntimento	$K_g$	1,93	75		3,98
			84		6,14
			95		9,34

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,0	1,0
	1	500	1,2	2,2
	2	250	2,7	4,9
	3	125	47,9	52,8
<b>LIMO</b>	4	62,5	22,7	75,5
	5	31,2	5,8	81,3
	6	15,6	2,3	83,6
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	3,1	86,6
	8	3,9	3,7	90,3
	9	2	3,8	94,1
	10	0,98	2,7	96,8
	<10	<0,98	3,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	75,5	14,8	9,7

NOTE  
 Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



# Stazione K4

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	39,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

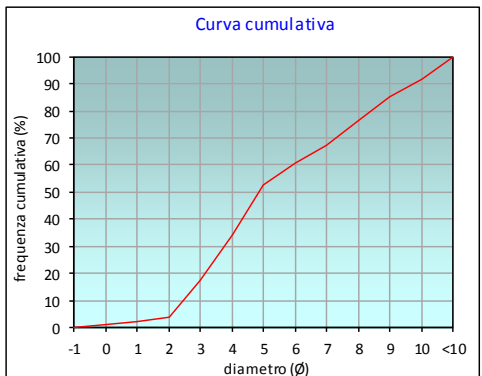
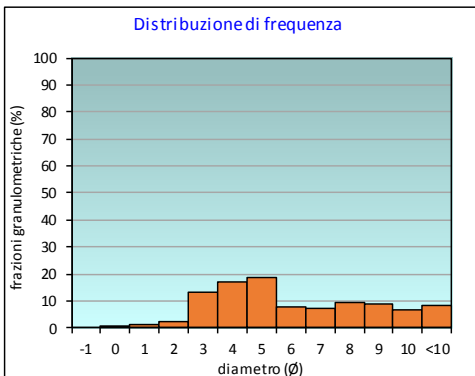
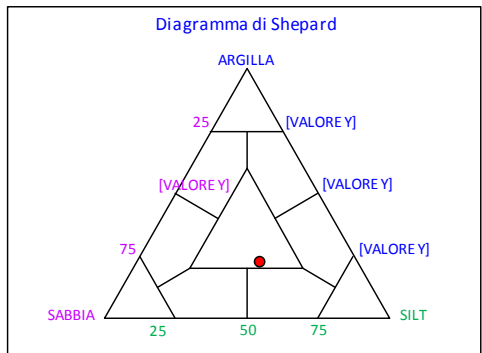
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	5,53	5	2,07
Mediana	$M_d$	4,85	16	2,90
Classazione	$\sigma$	2,74	25	3,46
Asimmetria	$S_{sk}$	0,34	50	4,85
Appuntimento	$K_g$	0,78	75	7,81
			84	8,84
			95	10,38

	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	1,1	2,0
	2	250	2,1	4,0
	3	125	13,2	17,3
	4	62,5	16,9	34,2
LIMO	5	31,2	18,6	52,8
	6	15,6	7,7	60,5
	7	7,8	7,0	67,5
	8	3,9	9,2	76,7
ARGILLA	9	2	8,7	85,4
	10	0,98	6,5	91,9
	<10	<0,98	8,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	34,2	42,5	23,3

NOTE  
Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
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**

**3° SURVEY POST LAVORI (1° SEMESTRE 2017)**



## Stazione C1 (100 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	46,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	5,43	5		1,17
Mediana	$M_d$	4,91	16		2,60
Classazione	$\sigma$	2,93	25		3,45
Asimmetria	$S_u$	0,22	50		4,91
Appuntimento	$K_g$	0,85	75		7,85
			84		8,77
			95		10,32

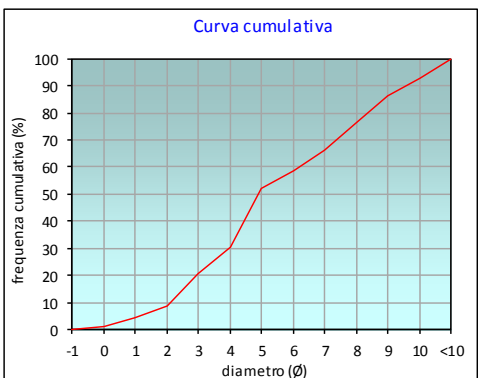
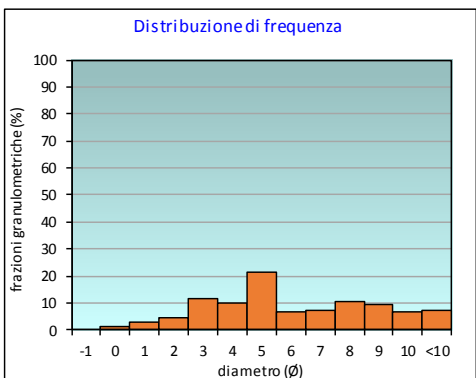
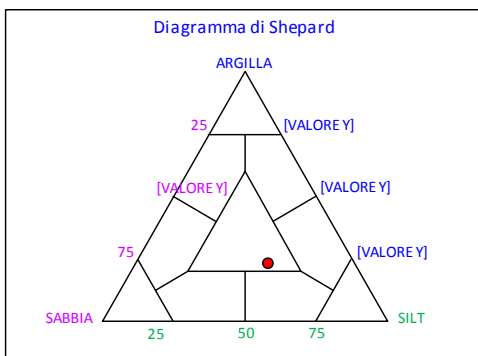
	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,3	1,3
	1	500	2,9	4,2
	2	250	4,7	8,9
	3	125	11,7	20,7
<b>LIMO</b>	4	62,5	9,7	30,4
	5	31,2	21,5	51,9
	6	15,6	6,7	58,6
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	7,4	66,0
	8	3,9	10,6	76,6
	9	2	9,6	86,2
	10	0,98	6,4	92,6
	<10	<0,98	7,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	30,4	46,2	23,4

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica





## Stazione C2 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	40,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

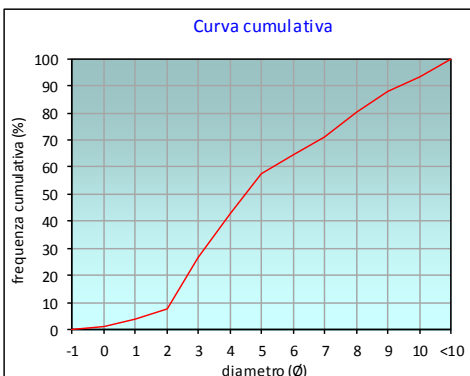
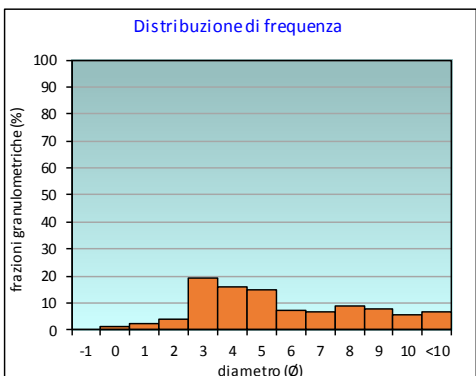
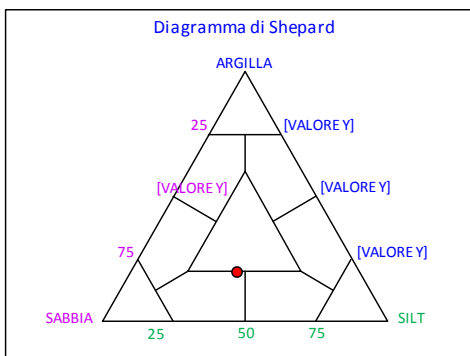
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	5,15	5	1,35
Mediana	$M_d$	4,50	16	2,44
Classazione	$\sigma$	2,87	25	2,91
Asimmetria	$S_u$	0,31	50	4,50
Appuntimento	$K_g$	0,81	75	7,42
			84	8,51
			95	10,26

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,1	1,1
	1	500	2,5	3,6
	2	250	4,0	7,6
	3	125	19,0	26,6
<b>LIMO</b>	4	62,5	16,1	42,7
	5	31,2	14,6	57,3
	6	15,6	7,3	64,7
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	6,6	71,3
	8	3,9	8,8	80,1
	9	2	7,6	87,8
	10	0,98	5,5	93,2
	<10	<0,98	6,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	42,7	37,4	19,9

NOTE  
Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione C3 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	36,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

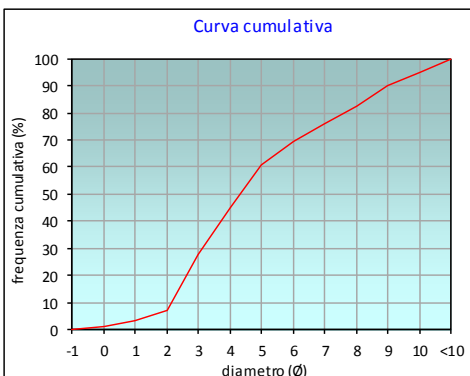
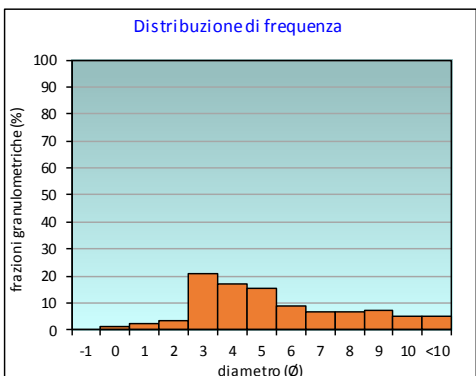
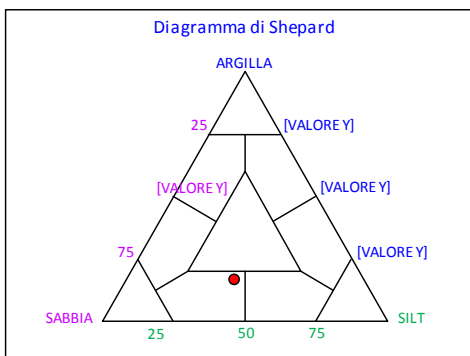
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,97	5	1,45
Mediana	$M_d$	4,32	16	2,43
Classazione	$\sigma$	2,73	25	2,86
Asimmetria	$S_{sk}$	0,34	50	4,32
Appuntimento	$K_g$	0,88	75	6,85
			84	8,17
			95	9,99

	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,2	1,2
SABBIA	1	500	2,2	3,4
	2	250	3,6	7,0
	3	125	20,9	27,9
	4	62,5	17,1	45,0
LIMO	5	31,2	15,6	60,7
	6	15,6	8,9	69,6
	7	7,8	6,4	76,0
ARGILLA	8	3,9	6,7	82,7
	9	2	7,5	90,2
	10	0,98	4,9	95,1
	<10	<0,98	4,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	45,0	37,7	17,3

NOTE  
Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione C4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	37,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

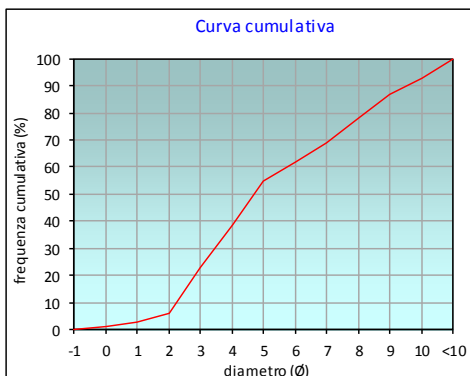
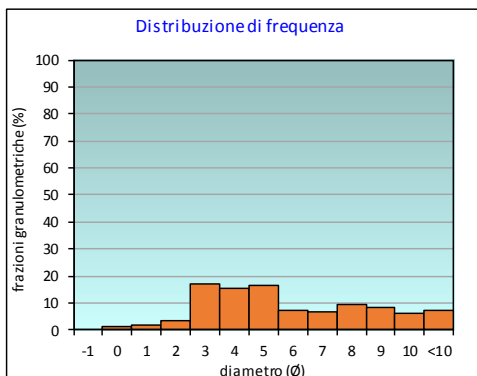
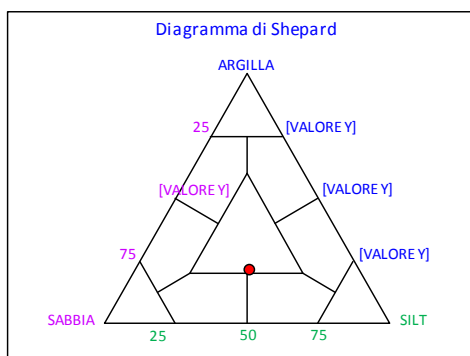
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	5,33	5		1,77
Mediana	$M_d$	4,70	16		2,60
Classazione	$\sigma$	2,82	25		3,14
Asimmetria	$S_{sk}$	0,31	50		4,70
Appuntimento	$K_g$	0,77	75		7,67
			84		8,69
			95		10,32

	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,1	1,1
	1	500	1,5	2,6
	2	250	3,1	5,7
	3	125	17,2	22,9
<b>LIMO</b>	4	62,5	15,4	38,3
	5	31,2	16,7	55,0
	6	15,6	7,0	62,1
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	6,6	68,7
	8	3,9	9,5	78,1
	9	2	8,5	86,7
	10	0,98	6,0	92,6
	<10	<0,98	7,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	38,3	39,8	21,9

NOTE  
Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione C5 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	41,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	5,18	5	1,36	
Mediana	$M_d$	4,56	16	2,58	
Classazione	$\sigma$	2,79	25	3,17	
Asimmetria	$S_{sk}$	0,30	50	4,56	
Appuntimento	$K_g$	0,89	75	7,24	
			84	8,40	
			95	10,20	

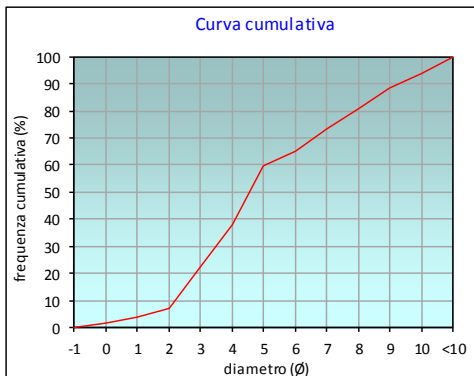
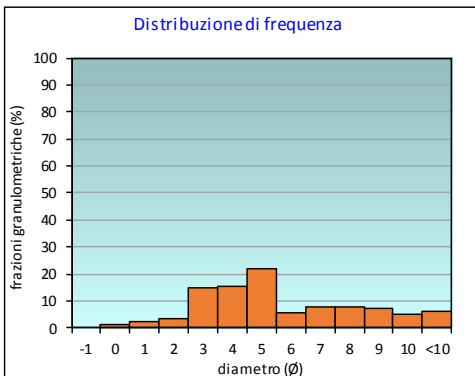
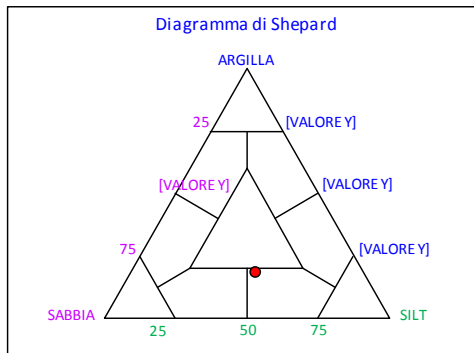
	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,4	1,4
SABBIA	1	500	2,3	3,7
	2	250	3,6	7,3
	3	125	15,0	22,4
	4	62,5	15,4	37,8
LIMO	5	31,2	21,8	59,6
	6	15,6	5,8	65,3
	7	7,8	7,8	73,1
	8	3,9	8,0	81,1
ARGILLA	9	2	7,4	88,5
	10	0,98	5,3	93,7
	<10	<0,98	6,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	37,8	43,3	18,9

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione C6 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	36,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		$\phi$
Media	$M_f$	5,11	5		2,08
Mediana	$M_d$	4,30	16		2,77
Classazione	$\sigma$	2,60	25		3,21
Asimmetria	$S_u$	0,45	50		4,30
Appuntimento	$K_g$	0,88	75		7,00
			84		8,27
			95		10,20

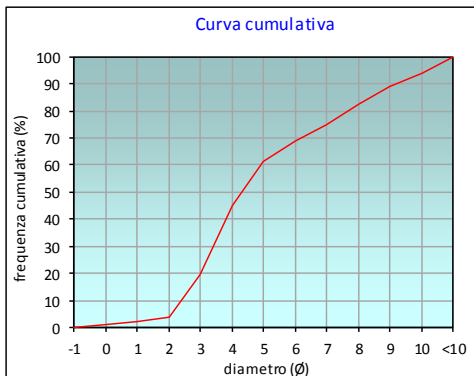
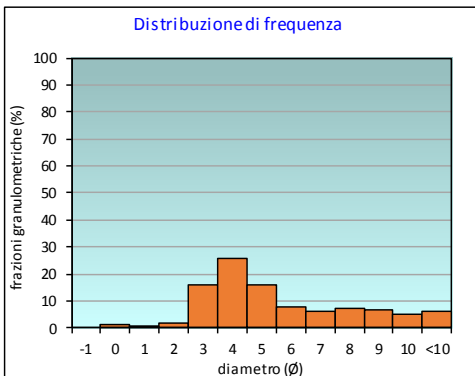
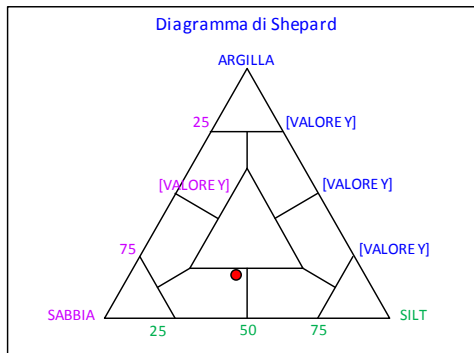
	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,2	1,2
SABBIA	1	500	0,8	2,0
	2	250	1,7	3,7
	3	125	15,9	19,6
	4	62,5	25,6	45,2
LIMO	5	31,2	16,0	61,2
	6	15,6	7,5	68,7
	7	7,8	6,3	75,0
	8	3,9	7,3	82,2
ARGILLA	9	2	6,6	88,8
	10	0,98	4,9	93,8
	<10	<0,98	6,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	45,2	37,0	17,8

NOTE

Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



## Stazione C7 (100 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	n.d.
Umidità (%)	36,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

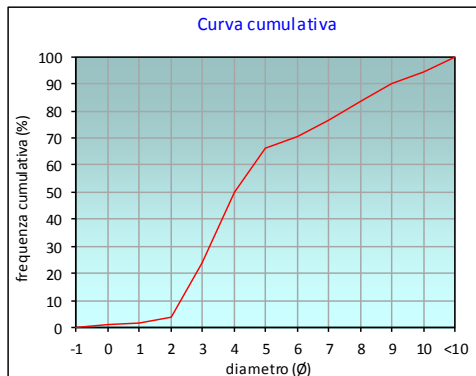
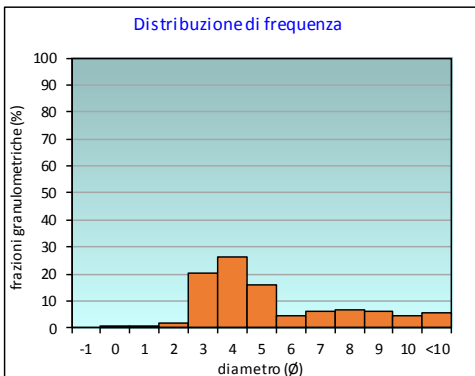
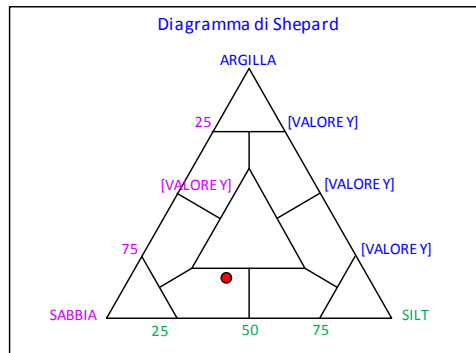
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,90	5	2,06
Mediana	$M_d$	4,01	16	2,61
Classazione	$\sigma$	2,59	25	3,05
Asimmetria	$S_{sk}$	0,50	50	4,01
Appuntimento	$K_g$	0,90	75	6,72
			84	8,07
			95	10,11

	$\phi$	$\mu\text{m}$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	0,9	0,9
	1	500	0,9	1,8
	2	250	2,0	3,8
	3	125	20,0	23,8
<b>LIMO</b>	4	62,5	26,0	49,9
	5	31,2	16,2	66,0
	6	15,6	4,7	70,7
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	5,9	76,7
	8	3,9	6,9	83,6
	9	2	6,3	89,8
	10	0,98	4,5	94,4
	<10	<0,98	5,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	49,9	33,7	16,4

**NOTE**  
 Resti conchiliari sul 2000 $\mu\text{m}$ . Su 1000 e 500 $\mu\text{m}$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu\text{m}$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



# Stazione K5

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	29,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

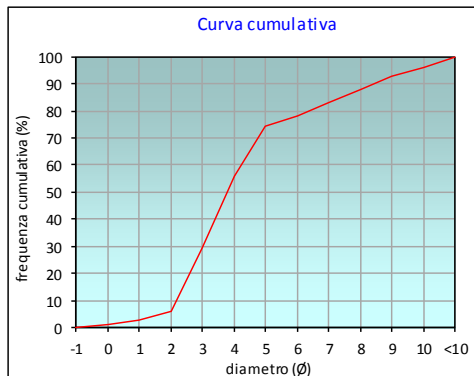
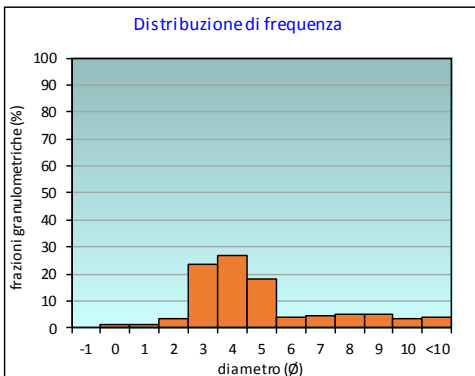
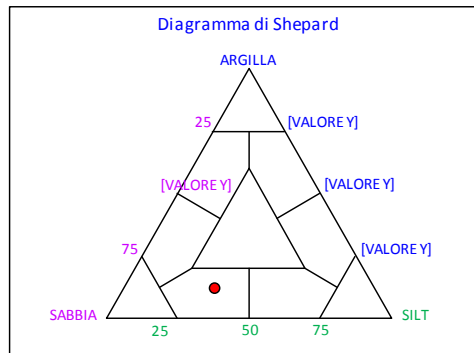
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	4,49	5	1,71
Mediana	$M_d$	3,78	16	2,43
Classazione	$\sigma$	2,41	25	2,82
Asimmetria	$S_u$	0,46	50	3,78
Appuntimento	$K_g$	1,39	75	5,17
			84	7,25
			95	9,67

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,2	1,2
	1	500	1,4	2,6
	2	250	3,3	6,0
	3	125	23,3	29,3
<b>LIMO</b>	4	62,5	26,7	56,0
	5	31,2	18,4	74,3
	6	15,6	4,0	78,3
<b>ARGILLA</b>	7	7,8	4,5	82,8
	8	3,9	4,8	87,6
	9	2	5,1	92,7
	10	0,98	3,4	96,1
	<10	<0,98	3,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	56,0	31,6	12,4

NOTE  
 Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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



# Stazione K6

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico ( $\rho/cm^3$ )	n.d.
Umidità (%)	26,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

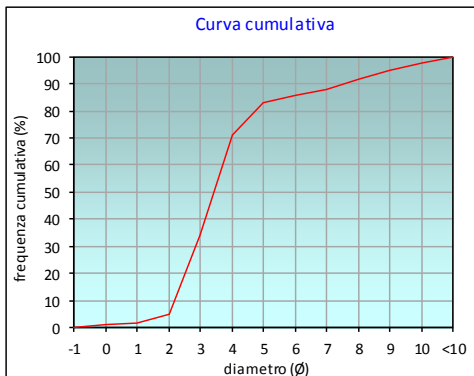
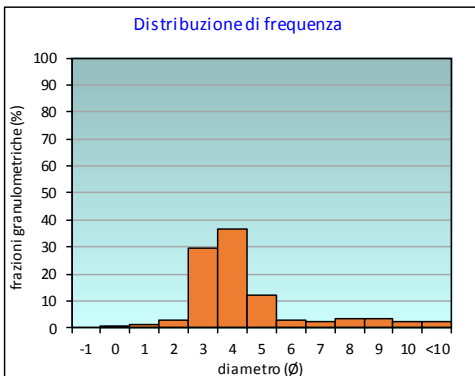
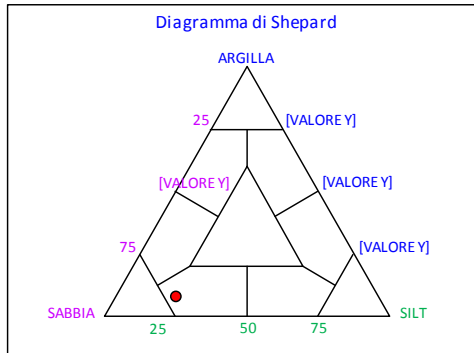
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	$M_f$	3,74	5	2,00
Mediana	$M_d$	3,43	16	2,38
Classazione	$\sigma$	1,81	25	2,69
Asimmetria	$S_{sk}$	0,45	50	3,43
Appuntimento	$K_g$	1,72	75	4,34
			84	5,40
			95	8,95

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Cumul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	1,0	1,8
	2	250	3,0	4,9
	3	125	29,3	34,2
	4	62,5	36,7	70,9
LIMO	5	31,2	12,1	82,9
	6	15,6	2,7	85,7
	7	7,8	2,5	88,1
	8	3,9	3,6	91,7
ARGILLA	9	2	3,5	95,2
	10	0,98	2,2	97,4
	<10	<0,98	2,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	70,9	20,9	8,3

NOTE  
Resti conchiliari sul 2000 $\mu m$ . Su 1000 e 500 $\mu m$  detrito calcareo organogeno; sul 250 $\mu m$  prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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





# Stazione K7

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	30,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M <sub>i</sub>	4,41	5	2,03
Mediana	Md	3,63	16	2,47
Classazione	σ	2,28	25	2,84
Asimmetria	S <sub>kl</sub>	0,53	50	3,63
Appuntimento	K <sub>c</sub>	1,23	75	5,28
			84	7,13
			95	9,39

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	0,8	1,7
	2	250	2,6	4,3
	3	125	24,7	29,0
	4	62,5	33,3	62,4
LIMO	5	31,2	11,3	73,7
	6	15,6	4,7	78,4
	7	7,8	5,0	83,3
	8	3,9	5,0	88,3
ARGILLA	9	2	5,4	93,7
	10	0,98	3,3	97,0
	<10	<0,98	3,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	62,4	25,9	11,7

**NOTE**  
 Resti conchiliari sul 2000μm. Su 1000 e 500μm detrito calcareo organogeno; sul 250μm prevalenza di detrito calcareo organogeno.

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

