



ENI S.p.A.  
UPSTREAM DICS

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE  
CAMPO BONACCIA NW**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA  
DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA  
BONACCIA NW**

-----  
**FASE DI POSA IN OPERA**

**(aprile 2015 - gennaio 2016)**

**INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA E DEI SEDIMENTI,  
INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE, INDAGINI  
SEDIMENTOLOGICHE E INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA**

**RAPPORTO n. 2**

**OPERATORE SCIENTIFICO:  
CNR – ISMAR SEDE DI ANCONA**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:  
GIANNA FABI**

**RAPPORTO A CURA DI:  
GIANNA FABI  
FABRIZIO BERNARDI AUBRY  
ELISA CAMATTI  
DANIELE CASSIN  
ANNA DE BIASI  
AMELIA DE LAZZARI  
LUDMILA KOZINKOVA  
VERA SALVALAGGIO  
ALESSANDRA SPAGNOLO**

ANCONA, Maggio 2016



# INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>2. MATERIALI E METODI</b> .....	5
2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE .....	5
2.1.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	5
2.1.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE.....	8
2.1.3. MISURE CORRENTOMETRICHE .....	9
2.1.4. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLE COMUNITÀ BENTONICHE .....	9
2.1.5. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI .....	12
2.1.6. POPOLAMENTO ITTICO.....	12
2.1.7. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI.....	12
2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI.....	13
2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	13
2.2.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE.....	21
2.2.2.1 Comunità fitoplanctoniche .....	21
2.2.2.2 Comunità zooplanctoniche.....	22
2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI .....	23
2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI .....	27
2.2.4.1 <i>Dunaliella tertiolecta</i> .....	27
2.2.4.2 <i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	28
2.2.4.3 <i>Corophium orientale</i> .....	29
2.2.4.4 <i>Crassostrea gigas</i> .....	30
2.2.4.5 Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i> .....	32
2.2.4. INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE.....	33
<b>3. RISULTATI</b> .....	38
3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	38
3.1.1. TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA.....	38
3.1.2. SALI NUTRITIVI .....	44
3.1.3. CLOROFILLE A, B E C E PARTICELLATO SOSPESO.....	53
3.1.4. IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX.....	59
3.1.5. GLICOLE ETILENICO.....	62
3.1.6. METALLI PESANTI.....	63
3.1.7. CONFRONTO FRA I MONITORAGGI EFFETTUATI NEI PRE-SURVEY E DURANTE I LAVORI DI POSA IN OPERA .....	67
3.2.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche .....	67
3.2.7.2 Metalli e inquinanti organici .....	68
3.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE .....	70
3.2.1. COMUNITÀ FITOPLANCTONICHE .....	70
3.2.1.1 Confronto fra i monitoraggi effettuati nei pre-survey e durante i lavori di posa in opera .....	81

3.2.2. COMUNITÀ ZOOPLANCTONICHE.....	83
3.2.2.1 Confronto fra i monitoraggi effettuati nei pre-survey e durante i lavori di posa in opera .....	91
3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI .....	94
3.3.1. GRANULOMETRIA.....	94
3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	96
3.3.3. IDROCARBURI TOTALI .....	98
3.3.4. METALLI PESANTI .....	99
3.3.5. SOSTANZA ORGANICA .....	104
3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC) .....	105
3.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI .....	107
3.4.1. <i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i> .....	107
3.4.2. <i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX <sup>®</sup> ) .....	108
3.4.3. <i>COROPHIUM ORIENTALE</i> .....	109
3.4.4. <i>CRASSOSTREA GIGAS</i> .....	110
3.4.5. RICERCA DI METALLI PESANTI IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i> .....	111
3.5. INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE .....	116
3.5.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P) .....	116
3.5.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE.....	125
3.5.3. DOMINANZA .....	126
3.5.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S) .....	128
3.5.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S <sub>M</sub> ) .....	129
3.5.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H') .....	130
3.5.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS) .....	131
3.5.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE .....	133
3.5.8.1 Indice W di Clarke .....	133
3.5.8.2 Indice AMBI .....	133
3.5.8.3 Indice BENTIX .....	134
3.5.8.4 Stato ecologico .....	134
4. CONCLUSIONI .....	136
5. BIBLIOGRAFIA.....	145
<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 sulle comunità bentoniche.....	XII
<b>ALLEGATO B</b> Schede granulometriche dei siti posti nell'area della piattaforma Bonaccia NW e dei controlli K1-K4 - Survey durante i lavori di installazione .....	XV

## PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

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

Responsabile Scientifico	G. Fabi	CNR - ISMAR Ancona
Analisi chimiche e fisiche colonna d'acqua	A. Boldrin	CNR - ISMAR Venezia
	F. Acri	CNR - ISMAR Venezia
	M. Borghini	CNR - ISMAR La Spezia
	D. Cassin	CNR - ISMAR Venezia
	M. Casula	CNR - ISMAR Venezia
	L. Dametto	CNR - ISMAR Venezia
	A. De Lazzari	CNR - ISMAR Venezia
	M. Leonetti	CNR - ISMAR Ancona
	L. Mazzei	CNR - ISMAR La Spezia
	S. Pasqual	CNR - ISMAR Venezia
	A. Pesce	CNR - ISMAR Venezia
P. Polidori	CNR - ISMAR Ancona	
Comunità fitoplanctoniche	F. Bernardi Aubry	CNR - ISMAR Venezia
	S. Finotto	CNR - ISMAR Venezia
Comunità zooplanctoniche	E. Camatti	CNR - ISMAR Venezia
	M. Pansera	CNR - ISMAR Venezia
Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia	A.M. De Biasi	CIBM Livorno
	G. Bontà Pittaluga	CIBM Livorno
	S. Dell'Ira	CIBM Livorno
	L. Kozinkova	CIBM Livorno
	M. Pertusati	CIBM Livorno
	S. Polese	CIBM Livorno
	O. Spinelli	CIBM Livorno
Comunità bentonica	C. Cuicchi	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	L. Montagnini	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	P. Polidori	CNR - ISMAR Ancona
	E. Punzo	CNR - ISMAR Ancona
	V. Salvalaggio	CNR - ISMAR Ancona
	A. Santelli	CNR - ISMAR Ancona
	A. Spagnolo	CNR - ISMAR Ancona
	P. Strafella	CNR - ISMAR Ancona

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

## 1. INTRODUZIONE

In riferimento al 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 piattaforma all'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, considerando anche le esperienze condotte e/o tuttora in corso dal CNR-ISMAR presso analoghe strutture situate in Adriatico centrale e settentrionale Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d) per quanto concerne la piattaforma Bonaccia NW 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.);
2. caratteristiche delle comunità fito- e zooplanctoniche (come da prescrizione ARPAM del 06/02/2015);
3. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante;
4. ecotossicologia dei sedimenti;
5. caratteristiche delle comunità bentoniche;

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

Al fine di ottenere un quadro esaustivo degli effetti indotti dall'installazione delle strutture, sulla base delle indicazioni riportate nel Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 e della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI SpA UPSTREAM DICS, nel programma di monitoraggio sono state previste le seguenti fasi (Tab. 1-I):

- a. Fase precedente alla posa in opera della struttura: n. 1-2 survey.
- 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 condotto nel luglio 2015. Il rilevamento del passaggio di cetacei è stato effettuato mediante operatori MMO secondo un programma di monitoraggio specifico (rif. DM A.7 punto a).
- c. Fase di produzione: le indagini previste ai punti 3-8 verranno condotte per 5 anni dopo la fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Per le indagini sedimentologiche, ecotossicologiche, sulla comunità bentonica e la ricerca di inquinanti e biomarkers in organismi marini si effettueranno survey stagionali (inverno ed estate). I campionamenti per lo studio della comunità ittica saranno mensili, mentre l'osservazione di mammiferi marini sarà effettuata mediante 3 campionamenti/mese. Le indagini previste al punto 1 verranno effettuate per tutta la durata dell'esercizio dell'impianto mediante campionamenti bimestrali. Le indagini di cui al punto 2 non sono previste in questa fase.
- d. Fase di fine produzione:
  1. pre-smantellamento: verranno condotte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8; eccetto lo studio della comunità ittica si prevede un survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell'inizio dei lavori di smantellamento. Per la comunità ittica verranno condotti 3 survey;
  2. smantellamento: in questa fase verranno condotte le indagini di cui ai punti 1, 3-5 e 8; si prevede come minimo n. 1 survey che potrà essere ripetuto in funzione della durata dei lavori;

3. post-smantellamento: tutte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8 verranno condotte per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Quelle riguardanti i sedimenti e la comunità bentonica si svolgeranno in inverno e/o estate, il popolamento ittico verrà invece investigato mensilmente. Le indagini riguardanti la colonna d'acqua (punto 1) avranno la durata di 1 anno e si svolgeranno con cadenza bimestrale.

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 nella fase di posa in opera della piattaforma (aprile 2015 - gennaio 2016) che riguardano i punti 1-5 del precedente elenco.



**Tab. 1-I** – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale della piattaforma Bonaccia NW.

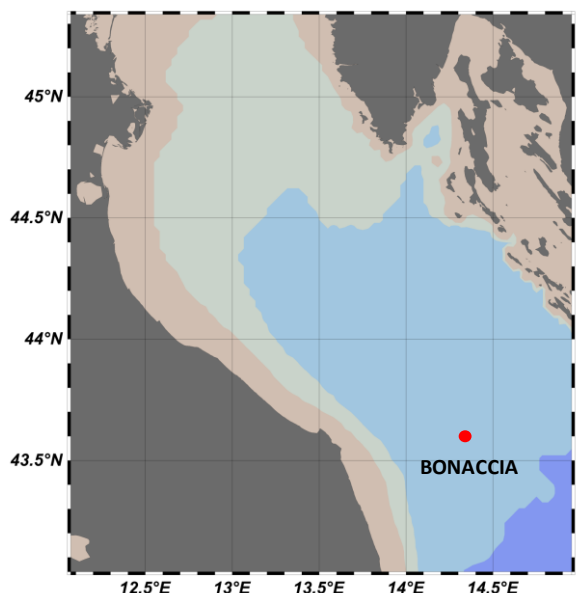
<b>Fase</b>	<b>Comparti d'indagine</b>	<b>Piattaforma Bonaccia NW</b>
<b>Ante operam</b>	Colonna acqua	1-3 survey
	Comunità planctoniche	1-3 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey
<b>Cantiere</b>	Colonna acqua	Per 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
	Ecotossicologia dei sedimenti	5 anni
	Comunità bentonica	5 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	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	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
	Sedimenti	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni
	Comunità bentonica	3 anni
	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. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Bonaccia NW è ubicata a circa 60 km al largo di Ancona a una profondità di circa 87 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto di installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.



**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

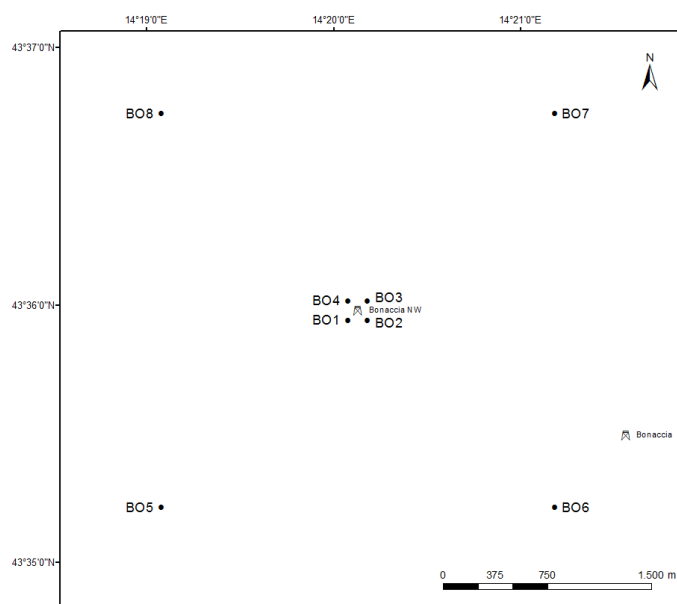
### 2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

#### 2.1.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua sono stati effettuati tre survey (luglio, settembre e novembre 2015). Non è stato possibile condurre il survey ad aprile per la presenza del pontone che ostacolava l'avvicinamento al cantiere.

I prelievi sono stati effettuati 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 dal punto di installazione e 4 a una distanza di almeno 2000 m da esso e da altre piattaforme (fig. 2.2; Tab. 2-II). Nel survey di settembre è stato possibile campionare solo

due siti posizionati entro 100 m dalla piattaforma per l'impedimento determinato dalla presenza di navi di supporto.



**Fig. 2.2** - Schema di campionamento adottato nella fase di posa in opera della piattaforma per le indagini idrologiche.

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

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

In tutte le stazioni sono stati misurati in continuo mediante una sonda multiparametrica (CTD; All. A1-I) 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. La sonda ha una frequenza di acquisizione di 4 serie di dati al secondo (4 Hz); essa 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 contenuto di materiale particellato totale (TSM, metodo gravimetrico). Sono stati registrati i seguenti parametri lungo la colonna d'acqua:

- 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 Ortofosfato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- idrocarburi totali;
- idrocarburi alifatici;
- idrocarburi policiclici aromatici;
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- glicole etilenico.

Le aliquote d'acqua e i relativi contenitori, spillate direttamente dalla bottiglia di campionamento, per ogni parametro considerato erano le seguenti:

- ossigeno disciolto: 150 ml in beute di vetro a volume noto;
- nutrienti disciolti: 150 ml, prefiltrati con filtri Whatman GF/F, in bottiglie di polietilene (PET);

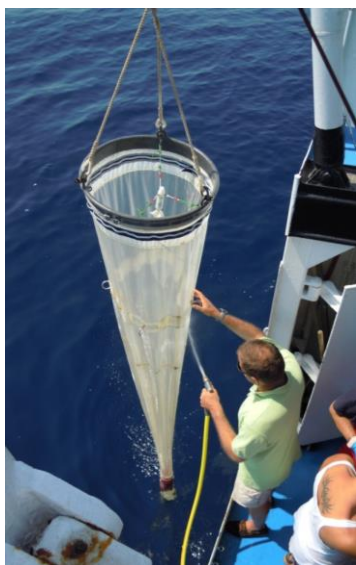
- carico solido: 2 l in bottiglie di polietilene (PET);
- pigmenti clorofilliani: 2 IL in bottiglie di polietilene (PET);
- metalli: 500 ml in bottiglie di polietilene (PET);
- BTEX: 40 ml in vials di vetro con tappo perforabile;
- idrocarburi totali e etilenglicole: 1 l in bottiglie di vetro scuro;
- IPA e idrocarburi alifatici: 1 l in bottiglie di vetro scuro.

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

### 2.1.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLACTONICHE

In tutte le stazioni e alle quote campionate nei survey di luglio, settembre e novembre 2015 per i parametri fisici e chimici della colonna d'acqua tramite bottiglie Niskin sono stati raccolti campioni per la determinazione del fitoplancton. Da ogni campione sono stati conservati 250 ml di acqua in bottiglie di vetro scuro immediatamente fissati con lugol (concentrazione finale 2%).

In ogni stazione, inoltre, è stata campionata la comunità zooplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua. I prelievi di zooplancton sono stati eseguiti utilizzando un retino standard di tipo WP2 con rete da 200 µm e diametro dell'area di bocca da 57 cm, effettuando pescate verticali da circa 5 m dal fondo fino alla superficie (fig. 2.3). Il retino è munito di flussimetro HYDRO-BIOS KIEL per calcolare i m<sup>3</sup> d'acqua filtrata. I campioni di organismi così raccolti sono stati fissati con formalina tamponata con tetraborato di sodio a una concentrazione finale del 4%.



**Fig. 2.3** - Retino di tipo WP2 con flussimetro HYDRO-BIOS per campionamento dello zooplancton.

### 2.1.3. MISURE CORRENTOMETRICHE

In questa fase non sono state previste le misurazioni correntometriche essendo impossibile il posizionamento della strumentazione necessaria a causa della presenza della jackup. Non si è ritenuto idoneo neanche adottare il sistema di misura lagrangiano poiché non adeguato per un monitoraggio sito-specifico.

### 2.1.4. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLE COMUNITÀ BENTONICHE

Il survey è stato condotto nel luglio 2015. I prelievi hanno interessato un'area di circa 2000x2000 m all'interno della quale sono state posizionate 12 stazioni lungo due transetti ortogonali tra di loro e aventi come punto di intersezione i pozzi stessi (fig. 2.4). 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. Quattro stazioni sono state posizionate in corrispondenza del punto di installazione della piattaforma e 4 a 60 m di distanza da esso. Le altre 4 (controlli) sono state posizionate in modo random all'interno di aree (500x500 m) poste a circa 2000 m dal punto di installazione di Bonaccia NW. Non è stato possibile campionare la stazione BO NE a causa dell'impedimento del jackup (fig. 2.5).

La distanza e la posizione delle singole stazioni dal punto "Bonaccia NW" e le profondità relative sono riportate in Tab. 2-III.



**Fig. 2.4** - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. A destra il particolare dei quattro siti di prelievo nel punto di installazione della piattaforma. In verde l'area occupata dalla struttura.



**Fig. 2.5** - Jackup in primo piano e jacket della piattaforma Bonaccia NW sullo sfondo.

**Tab. 2-III** - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate durante la fase di posa in opera della piattaforma per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza della piattaforma.

	Distanza da Bonaccia NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A3	60	NW	43°36,052N 14°20,096E	87,0
<b>BO NW</b>	<b>0</b>	<b>NW</b>	<b>43°36,030N 14°20,115E</b>	<b>86,5</b>
<b>BO SE</b>	<b>0</b>	<b>SE</b>	<b>43°36,015N 14°20,146E</b>	<b>86,2</b>
A6	60	SE	43°35,996N 14°20,170E	87,1
B3	60	NE	43°36,054N 14°20,173E	87,2
<b>BO NE</b>	<b>0</b>	<b>NE</b>	-	
<b>BO SW</b>	<b>0</b>	<b>SW</b>	<b>43°36,013N 14°20,130E</b>	<b>87,2</b>
B6	0	SW	43°36,000N 14°20,099E	87,1
K1	2000	NW	43°36,931N 14°18,873E	84,5
K2	2000	NE	43°36,896N 14°21,883E	84,7
K3	2000	SE	43°34,758N 14°21,471E	87,1
K4	2000	SW	43°35,079N 14°18,852E	84,0

**Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti** - Tutte le stazioni sono state campionate mediante box-corer (fig. 2.6; All. A2-I).

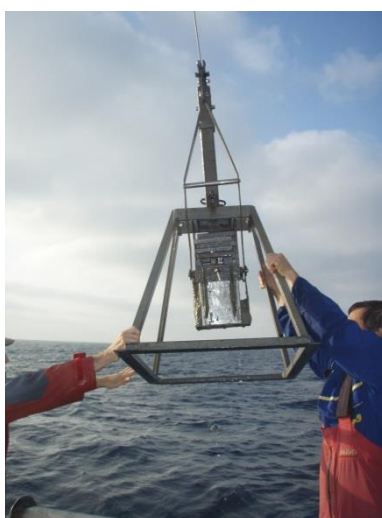
In sito sono stati rilevati i seguenti parametri:

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

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

- granulometria;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Idrocarburi totali;
- metalli pesanti (Alluminio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo, Ferro, Indio, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Silicio, Vanadio, Zinco);
- sostanza organica totale;
- TOC (Total Organic Carbon).

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. 2.6** – 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. 2.7; 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 formalina diluita in acqua di mare al 5%.



**Fig. 2.7** – Benna Van Veen utilizzata per le indagini sulla comunità bentonica.



### **2.1.5. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI**

Rispetto al pre-survey, quando erano state campionate le stazioni BO SE, A3, A6, B3, B6, K1, K2, K3 e K4 (fig. 2.4), nel monitoraggio eseguito durante i lavori di installazione si è deciso di prelevare un campione per le indagini ecotossicologiche anche dalla stazione BO SW, poiché al momento del campionamento tale sito presentava un sedimento caratterizzato da uno strato superficiale alterato presumibilmente dalle operazioni in corso. In tutti i siti i campioni sono stati prelevati mediante benna Van-Veen 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.

### **2.1.6. POPOLAMENTO ITTICO**

Durante i lavori di installazione di Bonaccia NW non è stato possibile condurre indagini sulla comunità ittica per motivi di sicurezza e per la presenza del jack-up e altri mezzi che impedivano l'avvicinamento alla struttura necessario per il calo degli attrezzi da pesca e per i rilevamenti acustici lungo la colonna d'acqua. Per quanto concerne quest'ultimo aspetto, è anche da considerare che le operazioni in corso determinano un disturbo acustico tale da interferire con l'acquisizione dati. E' comunque da tenere presente che qualunque effetto indotto dai lavori in corso sulla comunità ittica, sia positivo (attrazione) che negativo (allontanamento) è temporaneo, poiché si tratta di specie mobili.

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

Durante i lavori di installazione della piattaforma, come già specificato nel Cap. 1 del presente rapporto, sono stati condotti avvistamenti da parte di MMO per i quali è stato

prodotto un Report a parte (Eleonori *et al.*, 2016).

## **2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI**

### **2.2.1. 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-II) 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** - Il campione per l'analisi dei macro-nutrienti inorganici è prelevato dalla bottiglia di campionamento, dopo filtrazione con filtro in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 µm; Ø = 47 mm), e conservato al buio ad una temperatura di -20°C fino all'analisi.

L'analisi dei nutrienti è stata eseguita tramite un analizzatore colorimetrico automatico EasyChem Plus™ della ditta Syssta s.r.l. (All. A1-III), 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), 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-IV) 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.

**Carico solido totale come peso secco** - 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  $\mu\text{m}$ ;  $\text{Ø}$  = 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** - E' stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con 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.

Il metodo prevede le seguenti fasi: a) agitazione del campione d'acqua e trasferimento di un volume adeguato (100 ml) in una beuta da 125 ml, aggiunta di 5 ml di acido nitrico, riscaldamento su una piastra e evaporazione fino al minor volume possibile (10-20 ml); b) riscaldamento e aggiunta di acido nitrico, se necessario, fino a che la mineralizzazione sia completa, cioè fino ad ottenere una soluzione trasparente e incolore, avendo cura di non fare andare a secco; c) traferimento della soluzione, dopo filtrazione se necessario, in un matraccio tarato da 100 ml, aggiunta di due successive aliquote di 5 ml di acqua con cui sono state lavate le pareti della beuta, raffreddamento della soluzione e portata a volume con acqua per la successiva introduzione nello strumento di analisi.

Per la determinazione dei metalli è stato usato uno spettrometro di massa con sorgente al plasma di ultima generazione della Agilent Technologies serie 7700 (All. A1-VI). Questo

strumento è dotato in particolare della nuova interfaccia HMI (High Matrix Interface), in grado di analizzare direttamente senza diluizione preventiva e senza che vi sia una deriva della linea di base o degradazione delle performance a causa del deposito di sale sugli iniettori; inoltre, tale nuova interfaccia ha una ottima tolleranza all'uso di matrici complesse, anche in presenza di alte concentrazioni di solidi disciolti in soluzione, riduce il rapporto degli ossidi a valori operativi inferiori allo 0,3%, rendendo ICP-MS 7700 lo strumento più efficiente nell'abbattere le interferenze.

**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 gas chromatography/mass spectrometry (gc/ms).

EPA METHOD 5021A, 2003 - Equilibrium headspace.

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

EPA METHOD 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.

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-VII).

**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)** - Utilizzando un cilindro graduato è stato misurato 1 litro (nominale) di campione che è stato travasato nell'imbuto separatore. Successivamente sono stati utilizzati circa 60 ml di cloruro di metilene per sciacquare il cilindro e questa aliquota è stata trasferita nell' imbuto

separatore, che è stato scosso energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Alla fine lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10'. L'estrazione è stata ripetuta per altre due volte con porzioni fresche di solvente, unendo poi alla fine i tre estratti di solvente. 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 si è eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (acetonitrile e isooctano rispettivamente per analisi di IPA e idrocarburi Alifatici) 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 micron) a fase inversa (All. A1-X). L'eluizione è avvenuta in gradiente ed è stata eseguita con acetonitrile-acqua come fase mobile ad un flusso di 0,8 ml/min. La colonna è stata termostata a 40°C. Un programma di lunghezza d'onda variabile è stato sviluppato per consentire il rilevamento ottimale di tutti i composti. L'identificazione e la quantificazione dei composti si basa sul confronto con i tempi di ritenzione e sulla misurazione dell'area dei picchi di standard di riferimento esterni. Il limite di rilevabilità è compreso tra 0,01 e 0,1  $\mu\text{g/l}$ . Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Gli **IA** sono analizzati mediante gascromatografia capillare con gascromatografo Agilent 7820A accoppiato a rivelatore di massa sistema MSD Agilent 7820A accoppiato a 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 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<sup>TM</sup> Vers. 11.5.791 (32 bit), aprile 2015 della Golden Software, LLC, e il software Ocean Data View<sup>©</sup> Vers: 4.6.3 (Schlitzer, 2014; <http://odv.awi.de>).

Allo scopo di mettere in evidenza eventuali alterazioni nei parametri ambientali causate dalle attività di estrazione, sono state analizzate per ogni campagna le differenze fra le stazioni in prossimità della piattaforma, che più direttamente possono essere modificate nelle loro caratteristiche ambientali dalle attività in corso per l'installazione della piattaforma, e quelle localizzate a 2000 m, considerate come controllo di riferimento. È stata quindi applicata l'analisi della varianza fra le 4 stazioni a 100 m dalla piattaforma (stazioni BO1, BO2, BO3, BO4) e le quattro stazioni localizzate a circa 2000 m da essa (BO5, BO6, BO7, BO8), per le campagne effettuate in luglio (ENI4\_2015), settembre (ENI5\_2015) e novembre (ENI6\_2015).

Infine, allo scopo di evidenziare eventuali alterazioni dei parametri ambientali legate ai lavori di installazione, è stata analizzata la variabilità prima dell'inizio delle operazioni (pre-survey) e durante la posa in opera, differenziando in entrambi i casi le condizioni osservate nell'area di installazione della piattaforma (stazione BO0 nelle campagne pre-

survey e stazioni BO1, BO2, BO3, BO4 nelle campagne durante i lavori) rispetto alle stazioni più lontane a 2000 m (stazioni BO5, BO6, BO7, BO8).

Per le elaborazioni statistiche è stato utilizzato il software STATISTICA<sup>®</sup> per Windows (StatSoft Italia, 1997).

## 2.2.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE

### 2.2.2.1 Comunità fitoplanctoniche

L'analisi qualitativa e quantitativa è stata effettuata secondo il metodo di Utermöhl (1958) mediante un microscopio invertito a contrasto di fase.

Ogni campione è stato posto a sedimentare, per 1-2 giorni, in camere di volume variabile tra 2 cm<sup>3</sup> e 50 cm<sup>3</sup>, in funzione delle diverse abbondanze fitoplanctoniche.

I conteggi sono stati effettuati con un ingrandimento 400X su transetti, lungo il diametro della camera di sedimentazione, e per ogni campione sono state contate almeno 200 cellule/campione. La stima delle abbondanze fitoplanctoniche, espresse in cellule dm<sup>-3</sup>, è stata calcolata applicando formule che tengono conto del numero di cellule contate, del numero dei transetti analizzati, del volume messo a sedimentare e dell'altezza del transetto (Zingone *et al.*, 2010).

L'identificazione dei singoli taxa è realizzata mediante l'uso delle seguenti chiavi tassonomiche: Tomas (1997), ICRAM (2006), Bérard-Therriault *et al.* (1999).

Le chiavi tassonomiche utilizzate per i singoli gruppi sono riportate in Tab. 2-V.

**Tab. 2-V** - Chiavi tassonomiche utilizzate per la determinazione del fitoplancton.

Gruppo tassonomico	Riferimenti
Diatomee	Peragallo e Peragallo, 1897-1908 Hustedt, 1930-1966 Hendey, 1964 Sournia, 1987
Dinoflagellate	Schiller, 1933-1937 Rampi e Bernhard, 1980 Sournia, 1987
Silicoflagellatae	Throndsen, 1993
Coccolitoforidee	Rampi, 1981 Heimdal, 1993
Euglenoficee	Throndsen, 1993
Cloroficee	Pascher, 1915

I valori di abbondanza dei taxa rinvenuti sono stati organizzati in fogli elettronici specie/campione. Tutte le specie sono state revisionate e conformate ad eventuali sinonimi

tramite i database WoRMS-World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/>) e Algaebase, Listing the World's Algae (<http://www.algaebase.org/>).

Per l'elaborazione di sintesi di tutti i dati sono stati utilizzati i seguenti pacchetti statistici: Statsoft Kernel release 5.5 (ANOVA, analisi della varianza), PRIMER 5.2.2 software (MDS, MultiDimensional Scaling, ordinamento dei dati biologici).

I dati di abbondanza del fitoplancton hanno subito una trasformazione logaritmica ( $\log_{10}(N+1)$ ) e di doppia radice ( $\sqrt{N+1}$ ) per ovviare alla loro distribuzione non normale in accordo con Sokal e Rohlf (1981).

Con lo scopo di valutare le differenze spazio-temporali tra i diversi siti di campionamento in base alla composizione quali-quantitativa del fitoplancton, alla matrice specie-campione è stata applicata la tecnica di ordinamento del Multidimensional Scaling (MDS; Clarke & Warwick, 1994), tecnica che permette di ottenere una rappresentazione di oggetti, in base alla "similarità" o dissimilarità, tra ciascuna coppia di oggetti. In questo caso permette la rappresentazione nello spazio dei campioni di fitoplancton in base alla loro abbondanza e composizione in specie. Da un punto di vista grafico, la distanza relativa tra i campioni o tra gruppi di campioni è maggiore quanto maggiore è la loro diversità in abbondanza e in composizione di specie. La rappresentazione grafica finale sarà rappresentativa delle reali distanze (diversità o somiglianza tra campioni o gruppi di campioni) in funzione di un valore di stress: se tale valore risulta  $< 0,20$  la rappresentazione grafica è corrispondente al vero, cioè la distanza tra i campioni o i gruppi di campioni esprime veramente la diversità o uguaglianza tra i campioni o i gruppi di campioni stessi; nel caso contrario la distribuzione dei campione è da considerarsi casuale. Sul valore di stress influisce la diversità tra i campioni (quindi le abbondanze relative delle specie che compongono ciascun campione) e il numero dei campioni presi in considerazione per l'analisi statistica. Nel presente rapporto è stato anche effettuato un confronto con i dati relativi ai campionamenti condotti nel dicembre 2014 e a marzo 2015, prima dell'inizio dei lavori di installazione della piattaforma (fase di pre-survey).

#### **2.2.2.2 Comunità zooplanctoniche**

I conteggi e il riconoscimento degli organismi sono stati eseguiti osservando, al microscopio binoculare ZEISS–Stemi 2000CS (massimo 100 ingrandimenti), almeno due aliquote per ogni campione, prelevando frazioni variabili da un minimo del 5% a un

massimo del 40% del campione totale e, in ogni caso, contando non meno di 400 individui nel subcampione, mentre per le specie rare è stato analizzato il 100% del campione. Gli individui presenti sono stati contati e divisi per taxa. Le abbondanze calcolate sono state espresse come N. ind/m<sup>3</sup>.

Dopo l'analisi dei campioni al microscopio, i valori di abbondanza sono stati organizzati in fogli elettronici specie/campione. Tutte le specie sono state revisionate tramite il database World Register of Marine Species WoRMS -([www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org)).

L'identificazione dei singoli taxa è realizzata mediante l'uso delle seguenti chiavi tassonomiche: Rose (1933), Treguboff e Rose (1957), Avancini *et al.* (2006)

Dopo l'analisi dei campioni di zooplancton al microscopio, i valori di abbondanza sono stati organizzati in fogli elettronici specie/campione. Tutte le specie sono state revisionate e conformate ad eventuali sinonimi tramite i database World Register of Marine Species WoRMS - World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/index.php>).

Per l'elaborazione di sintesi di tutti i dati sono stati utilizzati i seguenti pacchetti statistici: Statsoft Kernel release 5.5 (analisi della varianza), PRIMER 5.2.2 software (MDS, MultiDimensional Scaling, ordinamento dei dati biologici; Clarke K.R., Warwick R.M. 1994).

Con lo scopo valutare le differenze spazio-temporali tra i diversi siti di campionamento in base alla composizione quali-quantitativa dello zooplancton, alla matrice taxa-campione è stata applicata la tecnica di ordinamento del Multidimensional Scaling (MDS), analogamente a quanto eseguito per le analisi delle comunità fitoplanctoniche.

### **2.2.3. 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  $\mu$ , 2000  $\mu$ , 1000  $\mu$ , 500  $\mu$ , 250  $\mu$ , 125  $\mu$ , 63  $\mu$ ). 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  $\mu$ ) 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.

**Idrocarburi Policiclici Aromatici** - Per la determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) ogni campione è stato scongelato e privato dell'eventuale frazione più grossolana; in seguito, l'analisi è stata compiuta su un'aliquota di circa 20 g (peso umido), mentre una seconda aliquota è stata utilizzata per la determinazione del peso secco.

La determinazione degli IPA è stata effettuata mediante gas cromatografia utilizzando un Gas cromatografo doppia colonna (All. 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 e quello della metodica corrispondono rispettivamente a 0,05  $\mu$ g di solvente e 0,002 mg/kg di campione s.s.

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

**Idrocarburi totali** - Per gli idrocarburi leggeri (C<12) sono stati seguiti i metodi EPA 5021A (2003a) e EPA 8015D (2003b). 5 g di sedimento sono posti in vial in cui sono stati aggiunti 10 ml di acqua procedendo al riscaldamento della miscela a 65°C per 1 h. Successivamente 0,5 ml sono stati iniettati nello spazio di testa in Gascromatografia (GC) con rilevatore FID (All. 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 fornetto di grafite (Varian SpectrAA-240Z. All. A2-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007b).

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

La mineralizzazione del campione di sedimento è stata effettuata su circa 0,45 g di sostanza secca mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 9 ml di 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 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-VI.

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

Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Ni	Pb	V	Si	V	Zn
125	96	130	76	107	97	98	101	93	97	95	83	n.d.	107	95

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

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

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

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

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

**TOC** - Il Total Organic Carbon è stato determinato seguendo il Metodo VII.3 - *Determinazione del carbonio organico* (metodo walkley-black, DM 13/09/1999 - Ministro per le Politiche Agricole). Il carbonio organico è stato ossidato ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido

solforico. La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione è stata interrotta per aggiunta di opportuna quantità di 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.

## **2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI**

### **2.2.4.1 *Dunaliella tertiolecta***

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

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

Esecuzione del saggio – Il saggio con *D. tertiolecta* è stato condotto in triplicato, effettuando 5 diluizioni a partire dal campione tal quale; come supporto sono state utilizzate piastre sterili di polistirene da 24 pozzetti della capacità di 3 ml ciascuno. Parallelamente, per ogni piastra è stato eseguito anche un test con un controllo negativo costituito da acqua di diluizione (acqua di mare ISO a cui sono state aggiunte concentrazioni note di nutrienti). A ciascuna diluizione e al controllo è stata aggiunta una concentrazione nota di clone algale in rapporto di 1:1000. Una volta inoculato il clone algale (concentrazione iniziale  $2 \times 10^3$  cellule ml<sup>-1</sup>), 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<sub>50</sub> o EC<sub>20</sub>. L'EC<sub>50</sub> e l'EC<sub>20</sub> 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%.

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

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

Un'aliquota del sedimento da testare è stata unita con il volume calcolato dell'acqua di mare naturale filtrata in rapporto 1:4. Le sospensioni ottenute sono state poste in agitazione per 1 h e centrifugate a temperatura di 10°C per 20' a 3000 rpm. Il 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-VIII.

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

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

### 2.2.4.3 *Corophium orientale*

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* (fig. 2.8) è stato allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005(E) (2005). Il principio del saggio biologico “a breve termine” (di tossicità acuta) consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 10 gg al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

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

- temperatura dell'acqua:  $16 \pm 2^\circ\text{C}$
- salinità:  $36 \pm 2\text{‰}$
- illuminazione: continua
- $\text{O}_2$  disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento:  $>60\%$ .



**Fig. 2.8** - Esemplari di *C. orientale*.

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  $\text{mg l}^{-1}$   $\text{CdCl}_2$ .

All'inizio e alla fine del saggio biologico 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-IX.

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

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

#### 2.2.4.4 *Crassostrea gigas*

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

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

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

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

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio di embriotossicità possono essere espressi sia in termini di percentuale di successo del test normalizzata (S%) rispetto alla risposta del controllo (acqua marina artificiale), sia in termini di 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  $TU = 100/EC_{50}$ .

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

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

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

Dove:

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

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

#### 2.2.4.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

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

Gli organismi non maturi di *H. diversicolor* (taglia 6-10 cm; fig. 2.9) sono stati campionati manualmente dalle porzioni di un sedimento estuario.



**Fig. 2.9** - Esempari di *H. diversicolor*.

Dopo il trasporto in laboratorio, sono stati sottoposti a spurgo per 3 gg in sabbia quarzifera sommersa in acqua proveniente dal sito di campionamento, areata continuamente. La salinità dell'acqua sovrastante la sabbia quarzifera è stata gradualmente portata al  $36\pm 2\%$ , 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  $\sim 300 \text{ cm}^3$  di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata ( $36\pm 2\%$ ). 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,  $\text{NH}_4^+$  e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di  $16\pm 2^\circ\text{C}$ , aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come 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

reinserti 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  $\geq 20\%$ .

### 2.1.5. INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE

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 cumulative. Per valutare le eventuali somiglianze tra le stazioni campionate e le differenze con i dati rilevati nel corso del pre-survey, 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). Questi Autori riportano infatti la possibilità di ottenere, attraverso la combinazione dei risultati derivati da più indici, un buon set di dati in grado di descrivere lo stato della qualità ecologica di una determinata area. Tutti gli indici utilizzati per questo scopo sono stati applicati quasi esclusivamente in aree marine costiere. Tuttavia, sono già stati utilizzati nell'ambito offshore in diversi casi (Fabi *et al.*, 2013; 2015; 2016b; 2016c; Spagnolo *et al.*, 2014) fornendo utili indicazioni sull'eventuale impatto causato dalle piattaforme estrattive offshore. E' da sottolineare che sia Borja (indice AMBI), sia Simboura (indice BENTIX), ritengono che i loro indici possano essere un valido strumento per determinare lo stato ecologico dell'ambiente circostante le piattaforme estrattive offshore dell'Adriatico (comunicazioni personali degli Autori).

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

L'indice si basa sulla seguente formula:

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

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

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

**Tab. 2-XI** - 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 è stato applicato da Muxica *et al.* (2005) oltre che in ambienti marino-costieri, anche in aree più profonde (costa occidentale svedese) e in aree interessate dalla presenza di piattaforme petrolifere (Mare del Nord). Assume valori compresi tra 0 (ambiente non inquinato o disturbato) a 7 (ambiente estremamente inquinato o disturbato). Basandosi essenzialmente sul rapporto percentuale delle specie presenti nel campione, previamente suddivise in 5 gruppi ecologici in base al grado di tolleranza o sensibilità a un gradiente di stress ambientale, consente di classificare, come richiesto dalla Direttiva 2000/60/EC, gli ambienti marini costieri nelle seguenti categorie:

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

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

gruppo I: Specie molto sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali. Tale gruppo include i carnivori specialisti e alcuni policheti tubicoli detritivori.

gruppo II: Specie indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo. Esse includono sospensivori,



alcuni carnivori poco selettivi e scavatori.

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

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

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

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

Infine, l'indice BENTIX è stato sviluppato per stabilire gli impatti causati da fattori di stress generalizzati e non discrimina tra disturbo di origine naturale o antropogenica. È stato applicato con successo, tra l'altro, in aree soggette ad inquinamento organico (Simboura *et al.*, 2005) e a sversamenti accidentali di petrolio (Zenetos *et al.*, 2004a) ed è attualmente utilizzato in diverse aree del Mediterraneo nell'ambito del framework del *WFD intercalibration exercise* (EC, 2003).

**Tab. 2-XII** - 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

Questo indice si basa sulla suddivisione dei taxa di fondo mobile (per i quali è fornita una lista) in 2 principali gruppi ecologici (Simboura e Argyrou, 2010):

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

<b>Environmental Classification</b>	<b>BENTIX</b>
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-XIV** - Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione di tre differenti indici (Bettencourt *et al.*, 2004).

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

### 3. RISULTATI

#### 3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

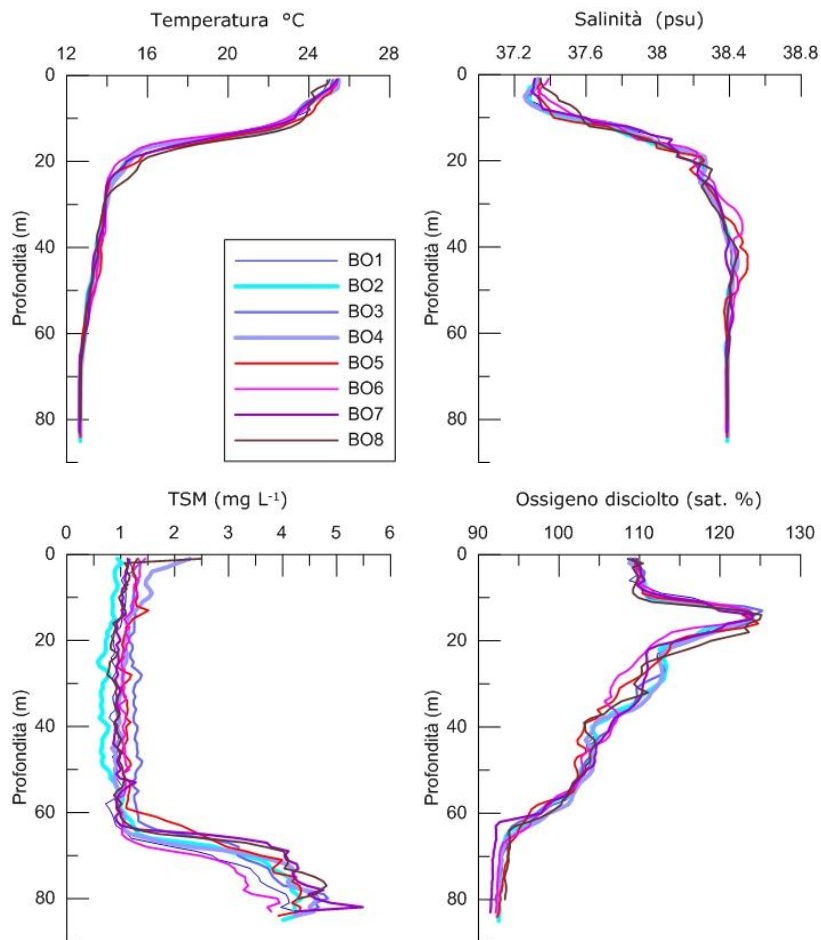
##### 3.1.1. TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA

Nel **luglio 2015** era presente uno strato superficiale caratterizzato da alte temperature, che hanno raggiunto i 25,47°C, e basse salinità (minimo 37,26 psu), seguito da un netto gradiente sia termico che alino fino ai 25-30 m di profondità (fig. 3.1). Al di sotto le condizioni sono rimaste relativamente costanti fino al fondo, dove si sono misurati valori di temperatura di 12,6°C e salinità di circa 38,4 psu. Non sono state rilevate differenze nella distribuzione areale di questi parametri (fig. 3.2). La torbidità, determinata come backscattering ed espressa dopo calibrazione in mg/l, è risultata intorno a 1-1,5 mg/l nei primi 60 m, per aumentare nettamente verso il fondo fino a un massimo di 5,49 mg/l nella stazione BO7 (fig. 3.1). L'ossigeno disciolto ha presentato valori di saturazione nel range 91,46-125,26%, con massimi a circa 15 m di profondità (fig. 3.1). Per tutti i parametri misurati non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra le stazioni circostanti la piattaforma e quelle di controllo poste a 2000 m di distanza (Tab. 3-I).

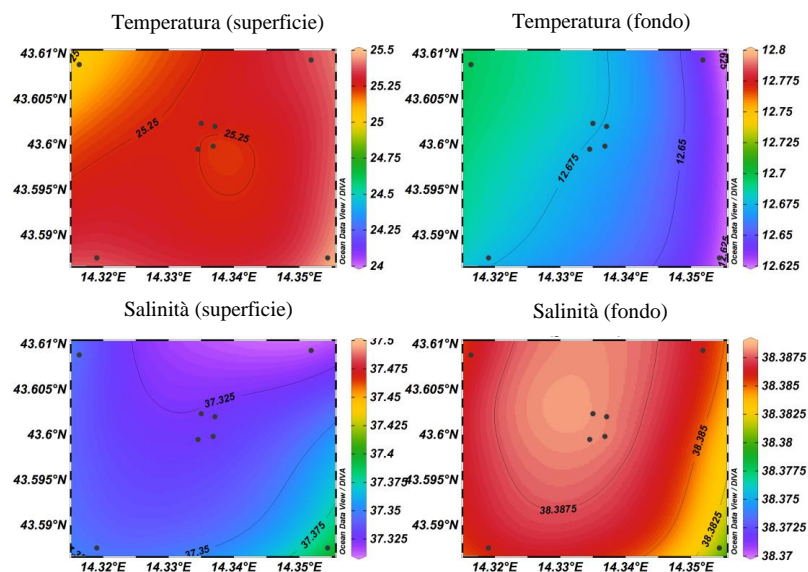
La fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in µg/l di clorofilla (fig. 3.3), ha mostrato in tutte le stazioni valori di circa 0,1-0,2 µg/l, relativamente costanti nei primi 60 m e con un aumento verso il fondo, fino a un massimo di 0,45 µg/l in BO1.

A **settembre** la colonna d'acqua ha presentato uno strato superficiale con temperature di circa 24 °C (fig. 3.4). Fino a circa 50 m di profondità i valori sono diminuiti fino a 13,38°C rimanendo poi pressoché costanti. L'andamento della salinità è apparso oscillante fra 38,31 e 38,73 psu a 31 m nella stazione BO6 (fig. 3.4). Presso il sito BO5, posizionato a 2000 m dalla piattaforma lato SE, sono state rilevate temperature più alte e salinità minori rispetto alle altre stazioni (fig. 3.5). La torbidità (TSM) ha mostrato ovunque un trend analogo a quanto rilevato in luglio, con valori di circa 1-1,5 mg/l fino a 60 m e un aumento verso il fondo dove si è raggiunta la massima concentrazione di 5,03 mg/l (BO1; fig. 3.4). Per l'ossigeno disciolto è stato registrato un incremento tra i 10 e i 20 m di profondità, dove è stato rilevato un picco pari a 136% nella stazione BO6, e una successiva diminuzione verso il fondo dove è stato registrato il minimo di 95% in BO5 (fig. 3.4). Anche in questo caso non sono state evidenziate differenze significative tra i siti a 100 m di distanza da Bonaccia

NW e quelli a 2000 m. La fluorescenza *in situ* ha mostrato concentrazioni crescenti con la profondità, arrivando a un massimo di 0,52  $\mu\text{g/l}$  in BO6 a 78 m (fig. 3.6).



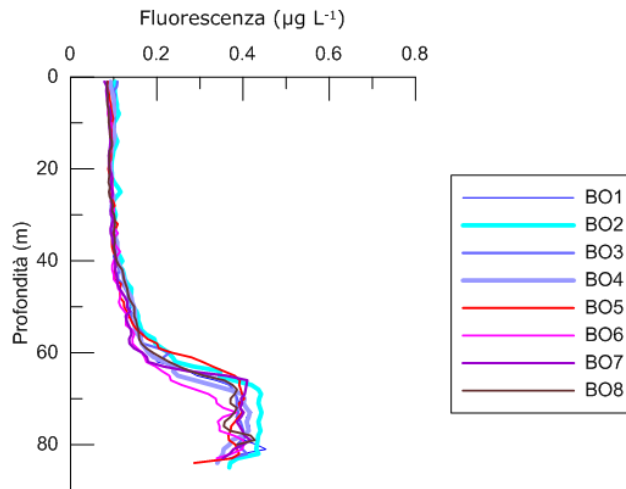
**Fig. 3.1** - Profili di temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM;  $\text{mg/l}$ ) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Luglio 2015.**



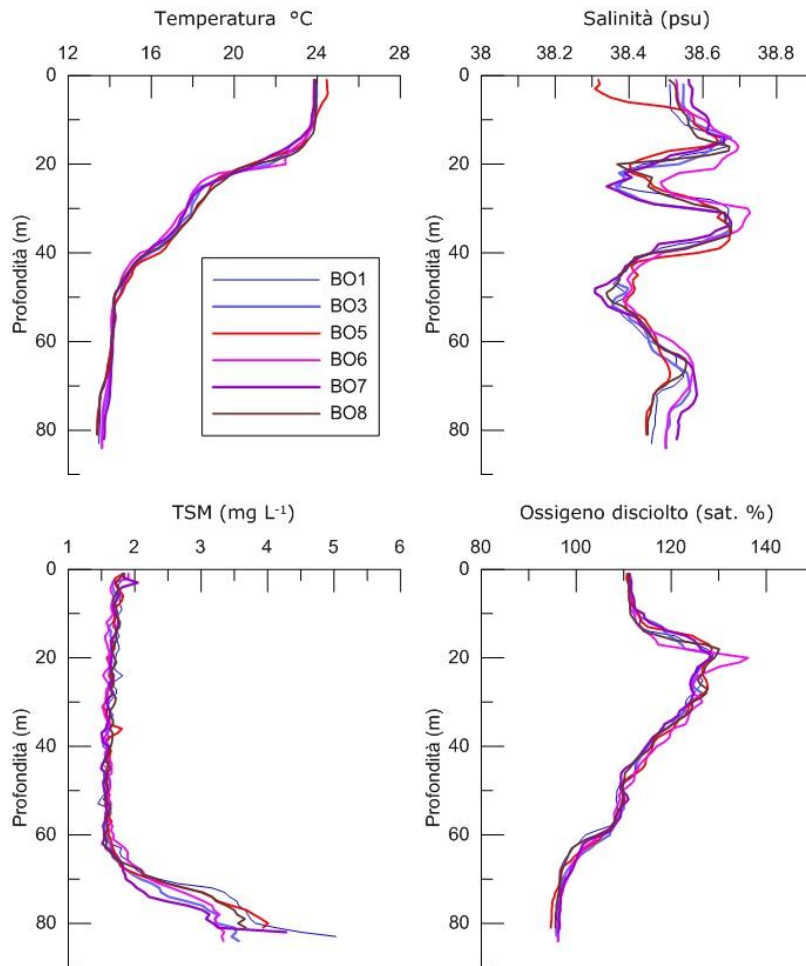
**Fig. 3.2** - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. Luglio 2015.

**Tab. 3-I** - Analisi della varianza fra le stazioni a 100 m dalla piattaforma (staz. BO1, BO2, BO3, BO4) e quelle a 2000 m (staz. BO5, BO6, BO7, BO8), nelle campagne effettuate durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (\*\*: differenze significative al livello  $p < 0,01$ , ns: non significative).

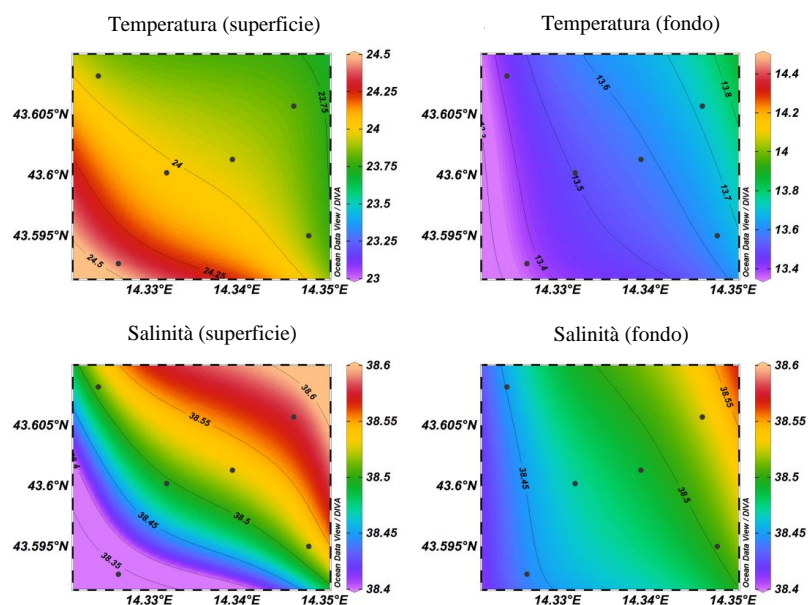
Parametri	Luglio 2015	Settembre 2015	Novembre 2015
Temperatura	ns	ns	ns
Salinità	ns	ns	ns
Ossigeno disciolto (ml/l)	ns	ns	ns
Ossigeno disciolto (% sat)	ns	ns	ns
TSM (mg/l)	ns	ns	ns
NO <sub>2</sub> (μM)	**	ns	ns
NO <sub>3</sub> (μM)	ns	ns	ns
NH <sub>3</sub> (μM)	ns	**	ns
PO <sub>4</sub> (μM)	**	ns	**
Si(OH) <sub>4</sub> (μM)	ns	ns	ns
CHLa (ng/l)	ns	ns	ns
CHLb (ng/l)	ns	ns	ns
CHLc (ng/l)	ns	ns	ns



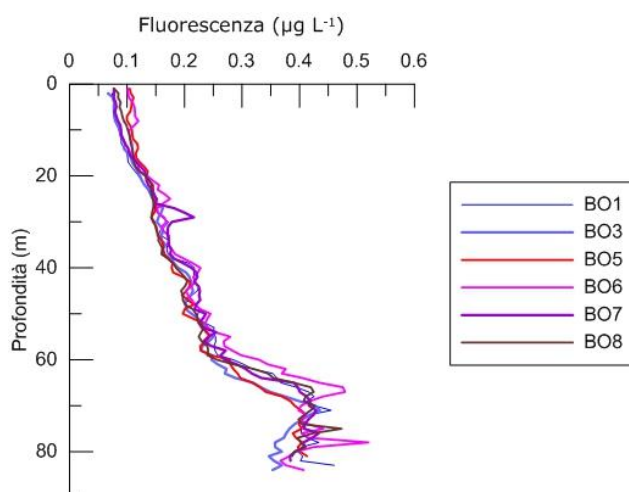
**Fig. 3.3** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ) ottenuti nel **luglio 2015**.



**Fig. 3.4** - 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 %). **Settembre 2015**.



**Fig. 3.5** - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. Settembre 2015.



**Fig. 3.6** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ) ottenuti nel settembre 2015.

A **novembre 2015** era presente in tutte le stazioni uno strato più superficiale omogeneo di circa 10-20 m con temperatura di circa 18°C; i minimi, raggiunti dopo una graduale riduzione, sono stati raggiunti attorno ai 60 m di profondità (minimo assoluto 13,62°C; fig. 3.7).

La salinità, nonostante diverse oscillazioni, è risultata relativamente costante lungo tutta la colonna d'acqua (range 38,42-38,63 psu; media  $38,52 \pm 0,05$  psu). Dal punto di vista spaziale, temperature e salinità relativamente più elevate sono state registrate verso NW (stazioni BO04 e BO08; fig. 3.8).

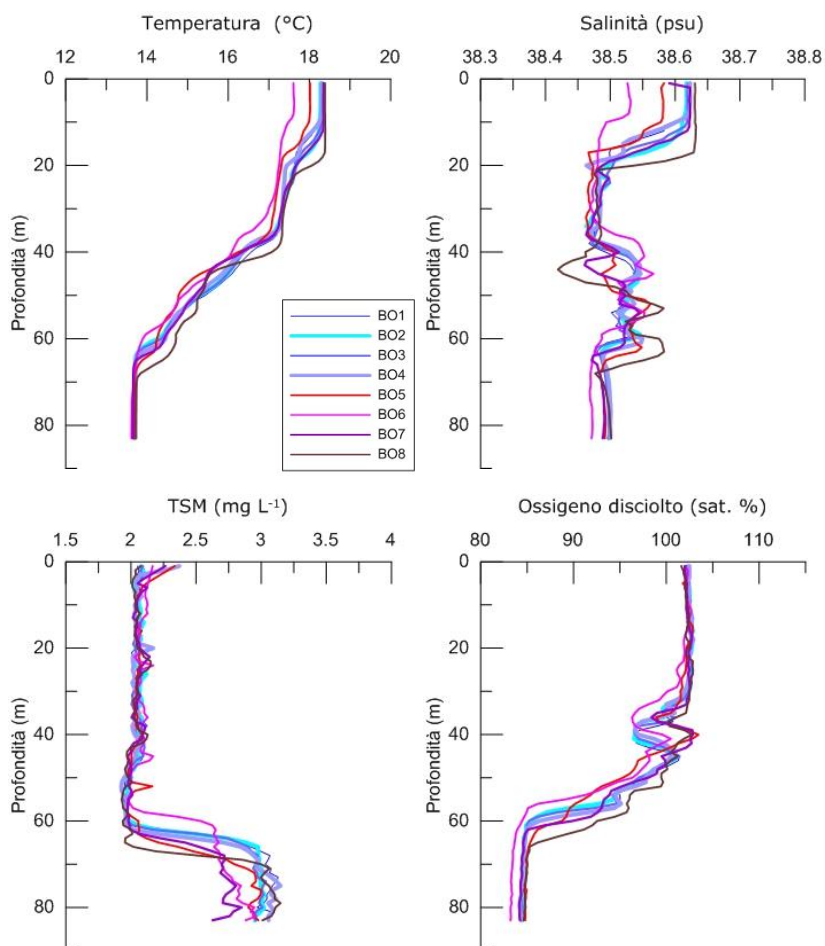
La torbidità ha mostrato concentrazioni di poco superiori alla situazione di settembre

(media  $2,25 \pm 0,38$  mg/l), con valori costanti intorno a 2 mg/l fino a circa 60 m e aumenti verso il fondo fino a un massimo di 3,15 mg/l nella stazione BO1 (fig. 3.7).

L'ossigeno disciolto ha presentato valori di saturazione intorno al 103% nello strato superficiale e una diminuzione a partire da 30-40 m verso il fondo dove è stato registrato il valore minimo di 83,2% nella stazione BO6 (fig. 3.7).

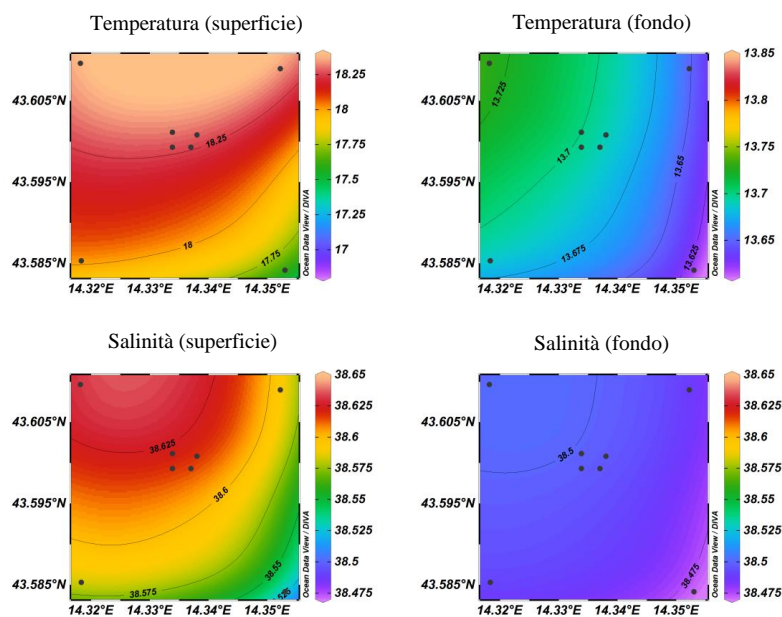
Analogamente ai monitoraggi precedenti, anche in questa crociera non sono state evidenziate differenze significative tra le stazioni a 100 m dalla piattaforma e quelle a 2000 m (Tab. 3-I).

I valori di fluorescenza (fig. 3.9) sono risultati relativamente bassi (media  $0,31 \pm 0,09$   $\mu\text{g/l}$ ), con un picco a circa 40 m (massimo di 0,61  $\mu\text{g/l}$  a 41 m nella stazione BO2).

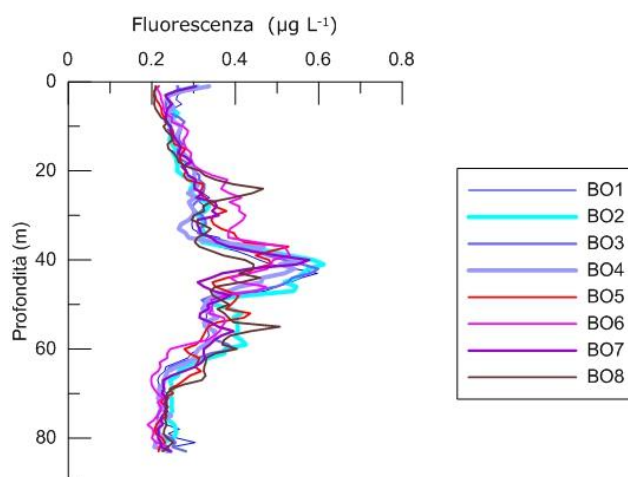


**Fig. 3.7** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Novembre 2015.**





**Fig. 3.8** - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Novembre 2015.**



**Fig. 3.9** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ) ottenuti nel **novembre 2015.**

### 3.1.2. SALI NUTRITIVI

A **luglio 2015**, i nutrienti azotati hanno mostrato concentrazioni generalmente maggiori alle quote di fondo (eccetto l'ammoniaca) e in vicinanza della piattaforma (figg. 3.10 e 3.11), con differenze statisticamente significative per quanto concerne nitriti (Tab. 3-I). I nitrati ( $\text{NO}_3$ ) hanno presentato concentrazioni nel range 0,10 - 4,54  $\mu\text{M}$  (media di  $1,08 \pm 1,21 \mu\text{M}$ ) e concentrazioni nelle stazioni vicine alla piattaforma superiori a quelle rilevate nelle stazioni a 2000, ma senza differenze statisticamente significative (Tab. 3-I). La concentrazione media dei nitriti ( $\text{NO}_2$ ) è risultata pari a  $0,10 \pm 0,06 \mu\text{M}$  e quella

dell'ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) a  $0,50 \pm 0,34 \mu\text{M}$ ; entrambi hanno mostrato un trend analogo ai nitrati, con concentrazioni maggiori vicino alla piattaforma.

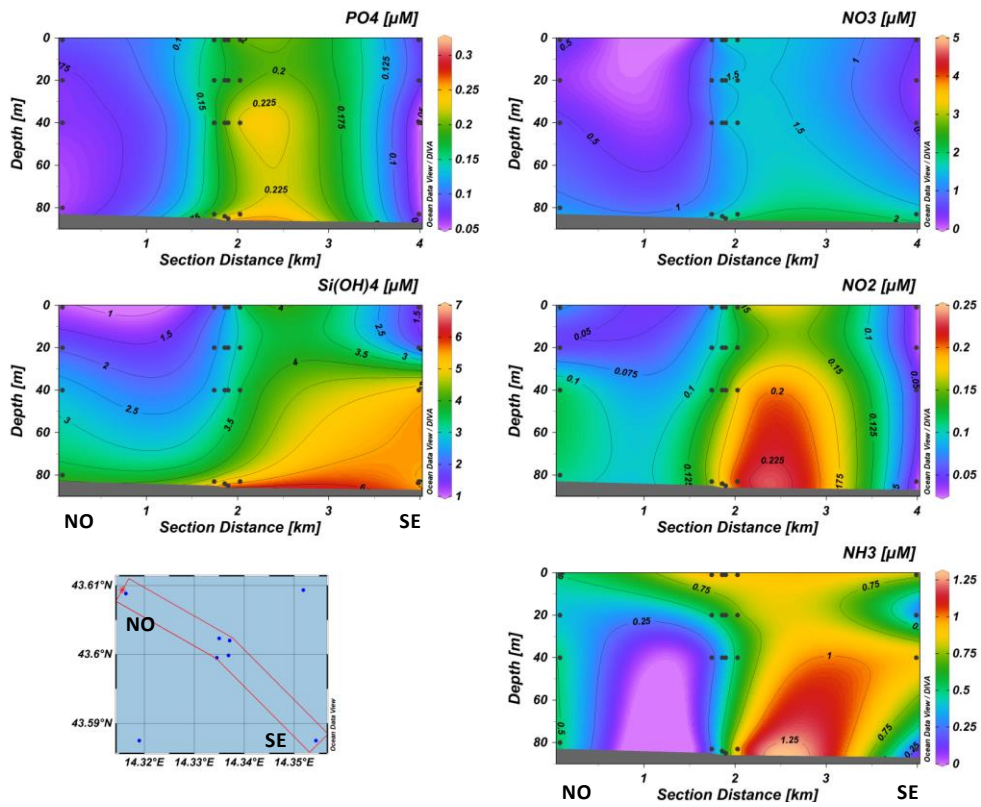
Per gli ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ) è stata registrata una concentrazione media di  $0,13 \pm 0,08 \mu\text{M}$ , con picchi al fondo nelle stazioni prossime a Bonaccia NW (massimo di  $0,31 \mu\text{M}$  in BO2 a 85 m) che sono risultate statisticamente significative rispetto ai siti posti a 2000 m dalla struttura.

Gli ortosilicati ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) hanno raggiunto un valore medio di  $3,33 \pm 1,50 \mu\text{M}$ , senza variazioni significative nell'area in esame.

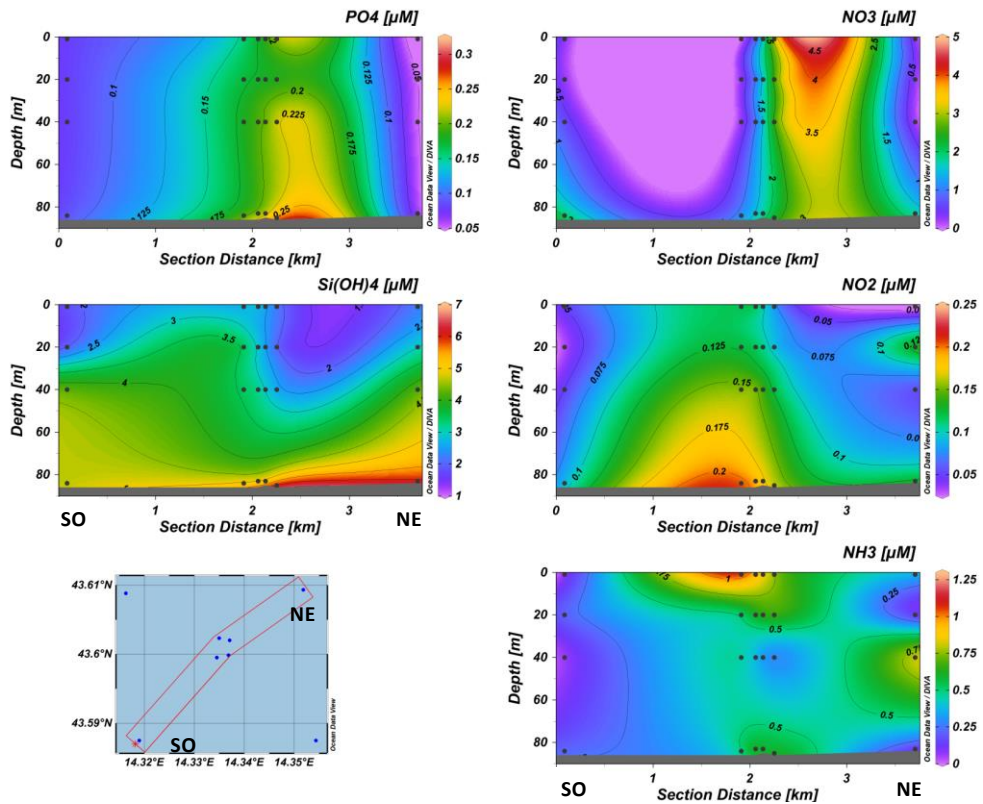
A **settembre** i nitrati ( $\text{NO}_3$ ) sono variati da  $0,36$  a  $2,67 \mu\text{M}$ , con valori più elevati in prossimità del fondo (figg. 3.12 e 3.13). Nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) hanno presentato concentrazioni medie pari a  $0,15 \pm 0,06 \mu\text{M}$  e a  $0,61 \pm 0,38 \mu\text{M}$  rispettivamente, con un aumento dei valori verso il fondo e nelle stazioni vicine alla piattaforma per  $\text{NO}_2$  e nel lato Ovest per  $\text{NH}_3$ , unico parametro per il quale sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra siti in prossimità della piattaforma e controlli, questi ultimi caratterizzati da valori più alti (figg. 3.12 e 3.13; Tab. 3-I).

Gli ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ) erano presenti prevalentemente al fondo nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma, con valori compresi tra  $0,071 \mu\text{M}$  (BO8, superficie) e  $0,383 \mu\text{M}$  (BO1, fondo), sebbene la differenza con i siti lontani posti a 2000 m di distanza non sia risultata statisticamente significativa.

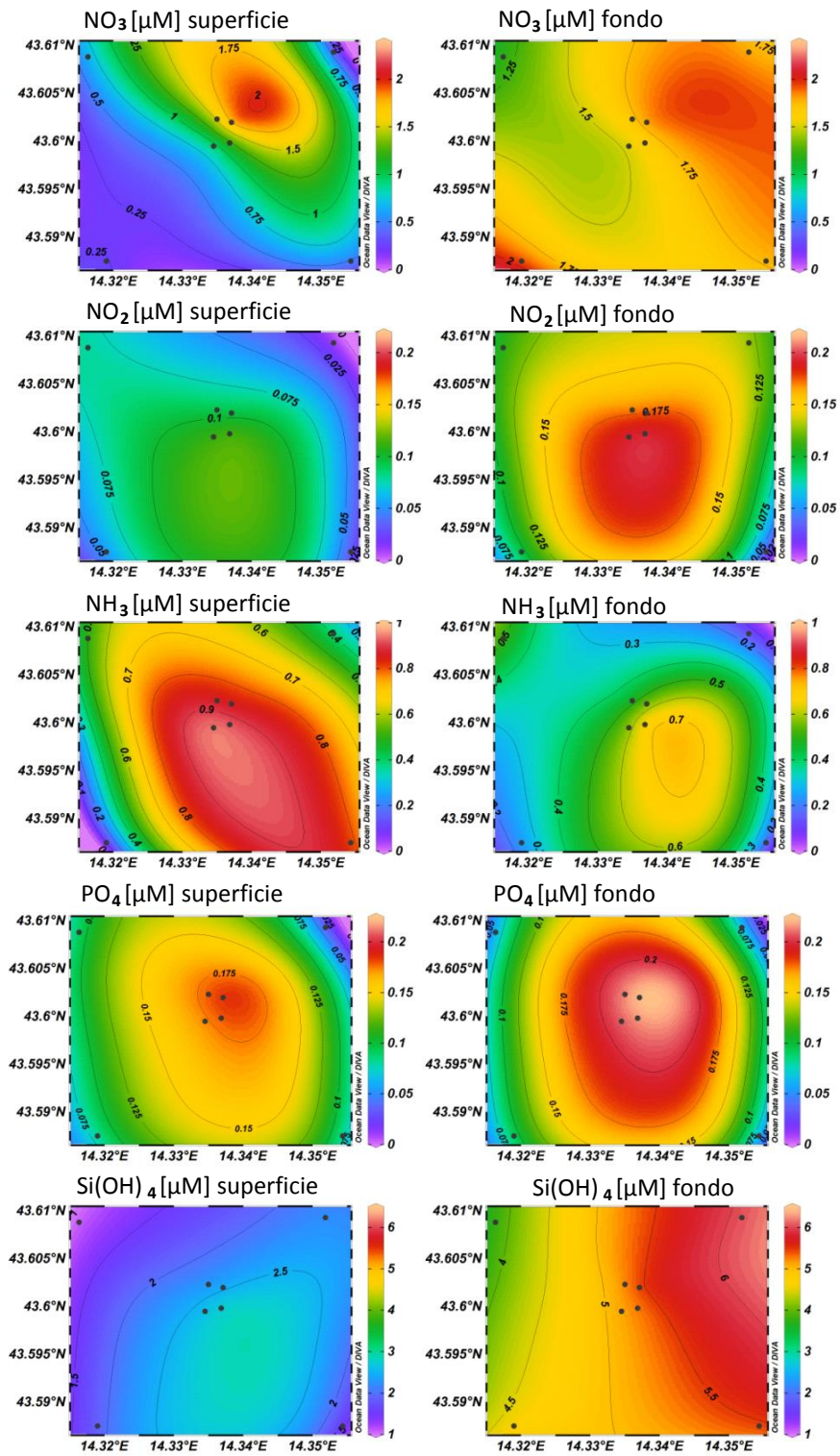
Gli ortosilicati ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) hanno mostrato un valore medio di  $2,85 \pm 1,26 \mu\text{M}$ , con un massimo di  $7,11 \mu\text{M}$  in superficie nella stazione BO6. Anche in questo caso non è stata riscontrata alcuna differenza statisticamente significativa tra stazioni vicine e lontane dalla piattaforma.



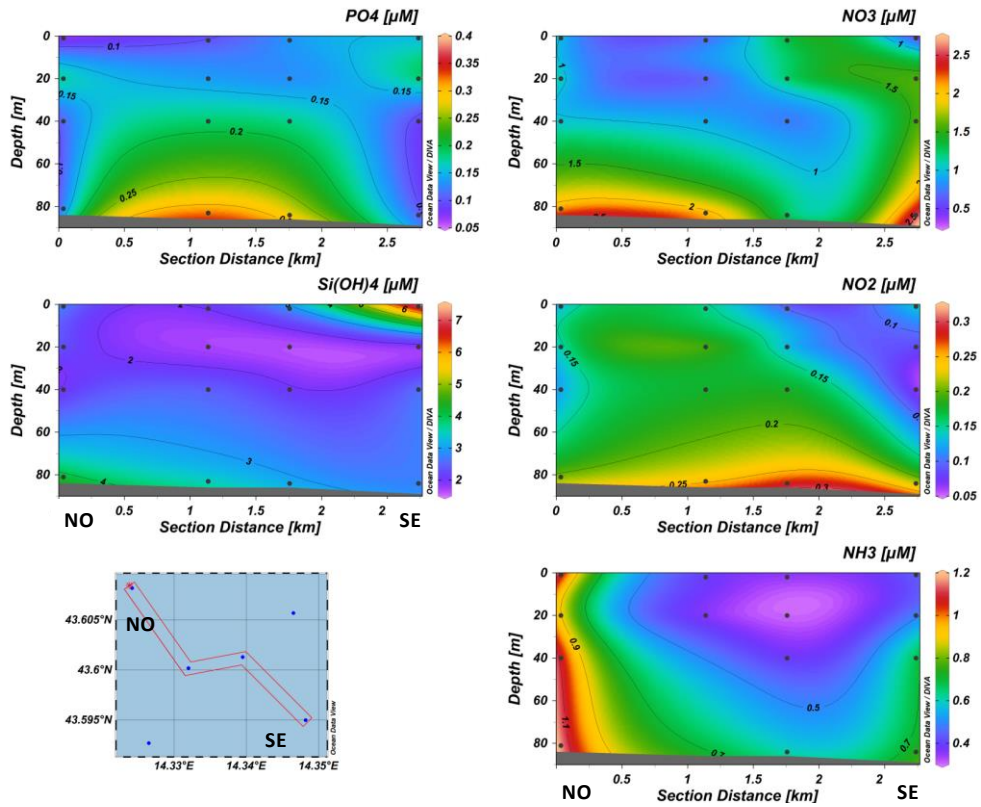
**Fig. 3.10a** - Sezioni verticali delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . Luglio 2015.



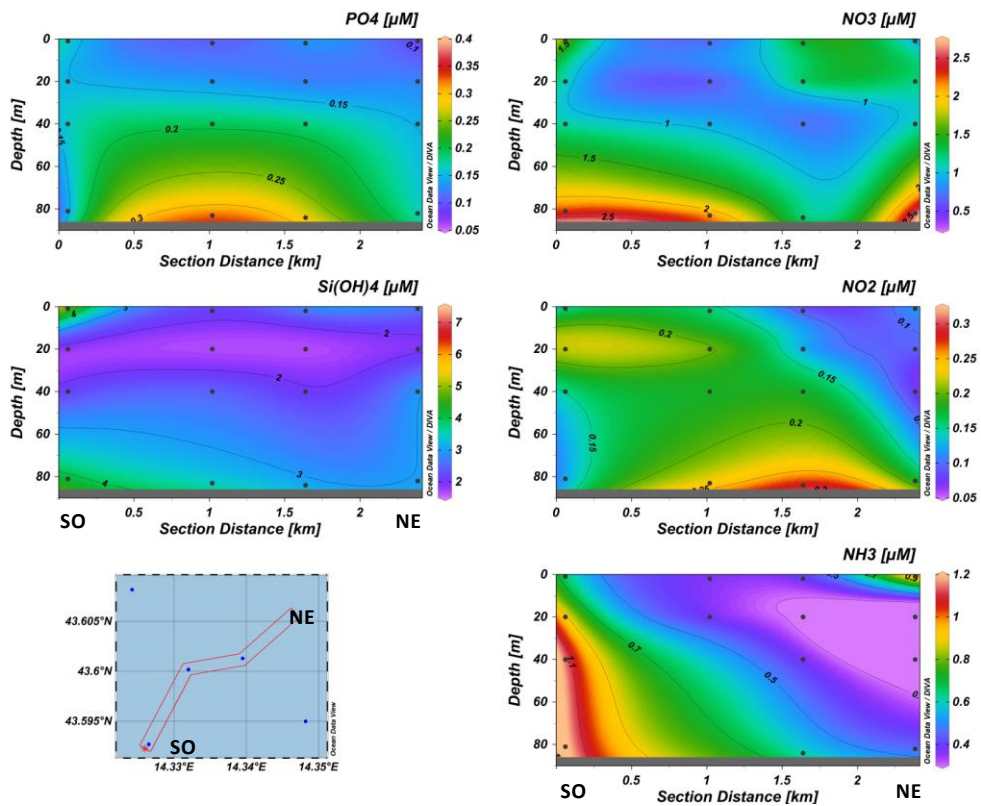
**Fig. 3.10b** - Sezioni verticali delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . Luglio 2015.



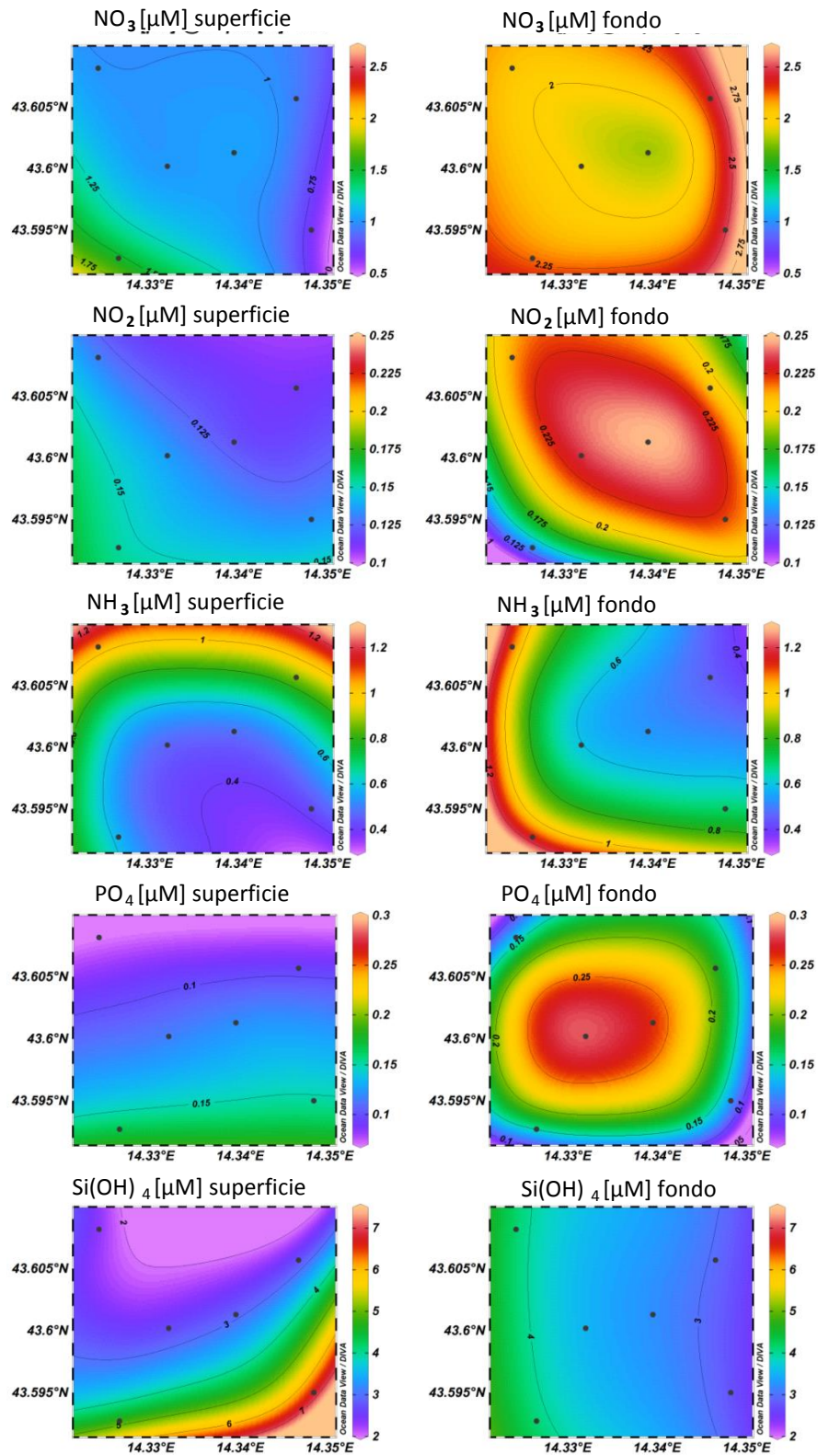
**Fig. 3.11** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO<sub>2</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), ammoniaca (NH<sub>3</sub>), ortofosfati (PO<sub>4</sub>) e ortosilicati (Si(OH)<sub>4</sub>) espresse in μM, in superficie e al fondo. **Luglio 2015.**



**Fig. 3.12a** - 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  $\mu\text{M}$ . Settembre 2015.



**Fig. 3.12b** - 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  $\mu\text{M}$ . Settembre 2015.



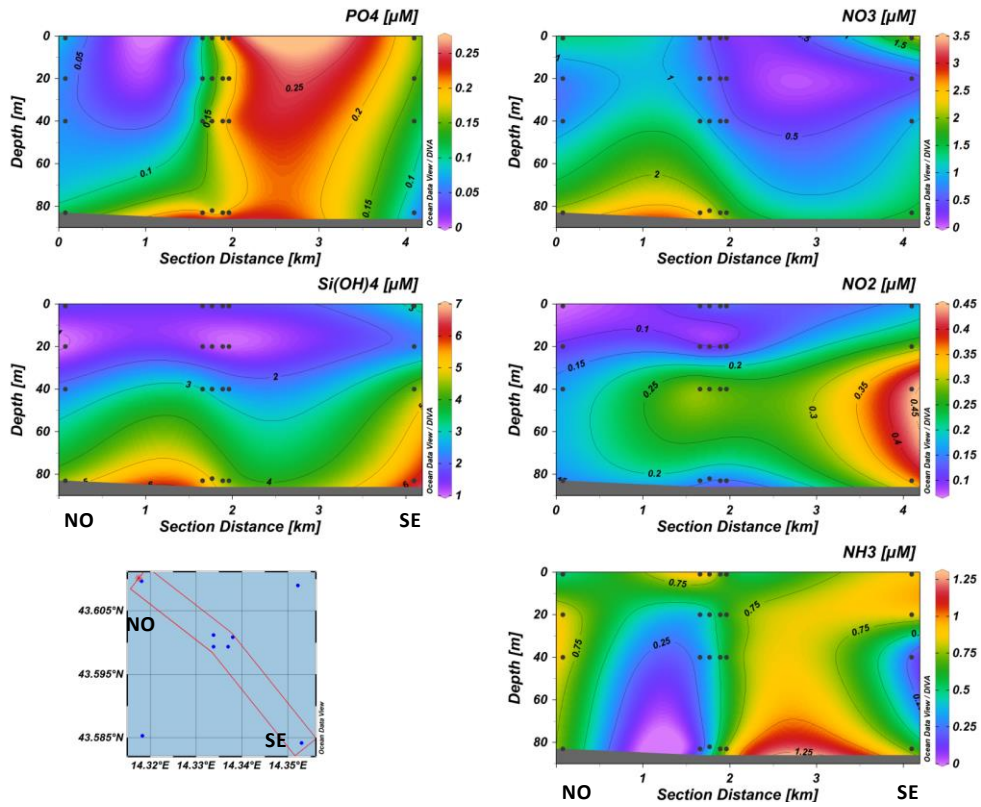
**Fig. 3.13** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ) e ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ , in superficie e al fondo. **Settembre 2015.**

A **novembre** le concentrazioni dei nutrienti sono rimaste dello stesso ordine di grandezza di quelle rilevate a settembre (figg. 3.14 e 3.15), con una differenza statisticamente significativa tra le stazioni a 100 m di distanza da Bonaccia NW e quelle a 2000 m solo per gli ortofosfati (Tab. 3-I).

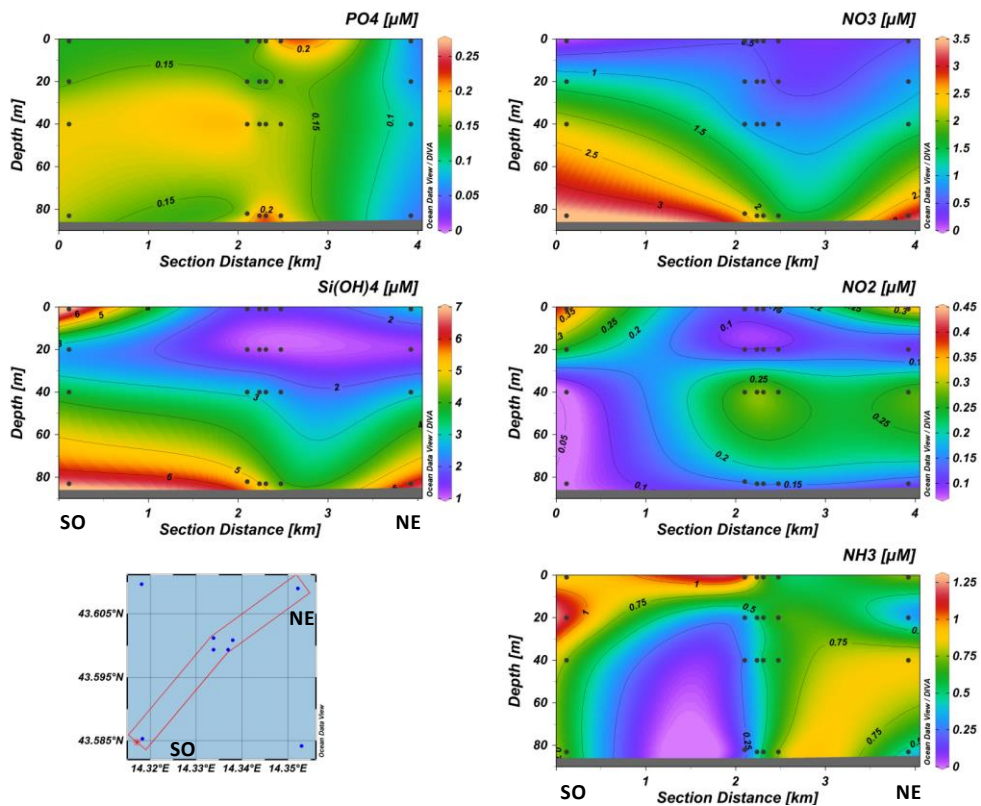
Le concentrazioni medie di  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{NH}_3$  sono state rispettivamente di  $1,22 \pm 0,89 \mu\text{M}$ ,  $0,19 \pm 0,10 \mu\text{M}$  e  $0,63 \pm 0,33 \mu\text{M}$ . I nitrati hanno mostrato valori più elevati generalmente al fondo, raggiungendo il massimo di  $3,59 \mu\text{M}$  nella stazione BO5, mentre la maggiore concentrazione di  $\text{NO}_2$  ( $0,45 \mu\text{M}$ ) è stata registrata alla quota di 40 m nella stazione BO6. Per l'ammoniaca, invece, il massimo ( $1,29 \mu\text{M}$ ) è stato registrato presso BO1 in superficie.

Gli ortofosfati avevano una concentrazione media di  $0,14 \pm 0,06 \mu\text{M}$  e un massimo di  $0,26 \mu\text{M}$  al fondo della stazione BO4 (figg. 3.14 e 3.15).

Le concentrazioni di  $\text{Si(OH)}_4$  sono state in media pari a  $3,10 \pm 1,84 \mu\text{M}$ , con aumenti verso il fondo nelle stazioni più lontane dalla piattaforma e un valore massimo di  $7,18 \mu\text{M}$  in BO5 in superficie.

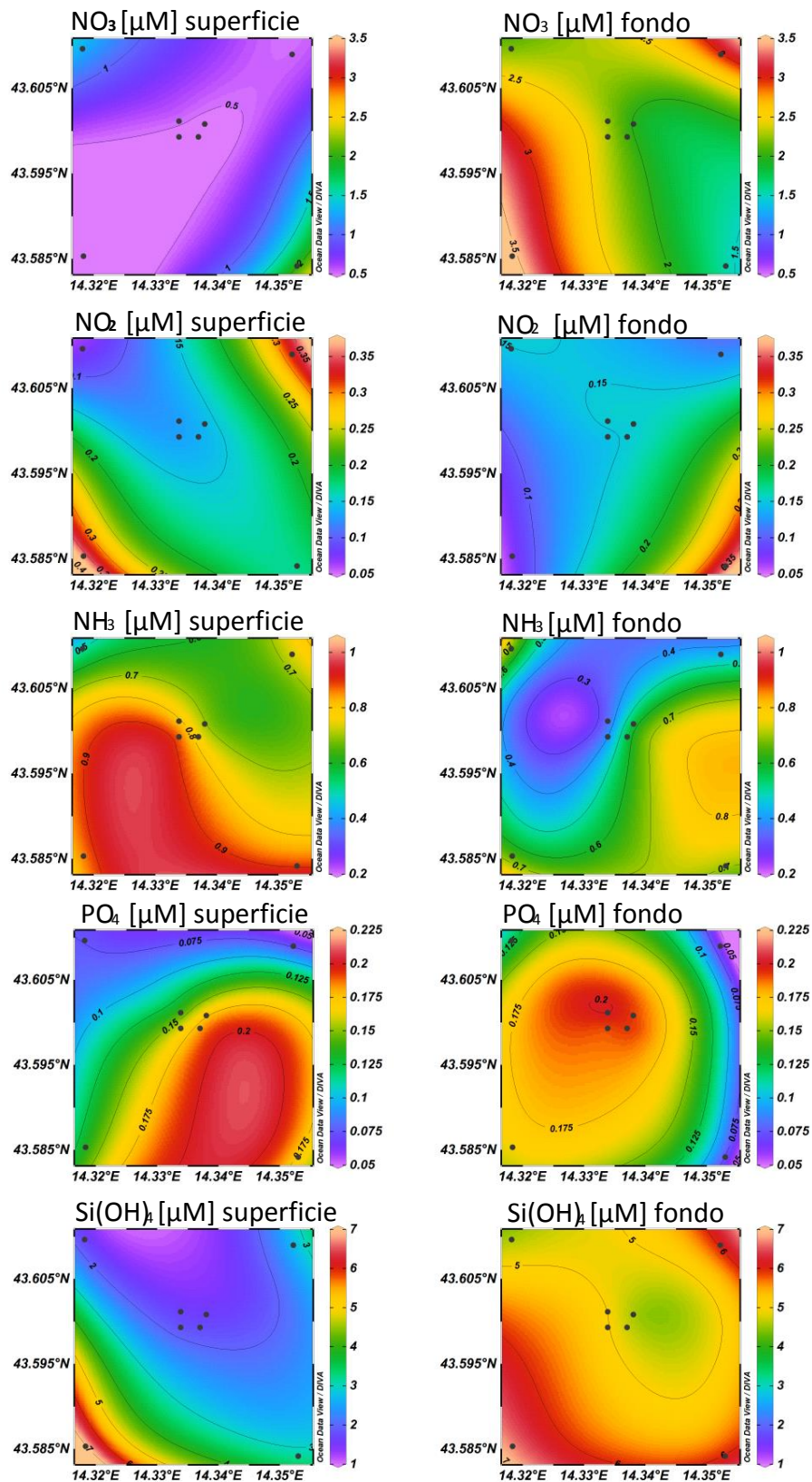


**Fig. 3.14a** - Sezioni verticali delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), ortosilicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) e ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), espresse in  $\mu\text{M}$ . Novembre 2015.



**Fig. 3.14b** - 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  $\mu\text{M}$ . Novembre 2015.





**Fig. 3.15** - 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. **Novembre 2015.**

### 3.1.3. CLOROFILLE A, B E C E PARTICELLATO SOSPESO

Per i pigmenti clorofilliani non sono mai state rilevate differenze statisticamente significative tra le stazioni poste a 100 m e quelle a 2000 m dalla piattaforma (Tab. 3-I).

Nel **luglio 2015** la clorofilla *a* (Chl *a*) ha presentato una concentrazione media di  $123,13 \pm 101,20$  ng/l e valori compresi tra 41,10 ng/l nella stazione BO1 al fondo e un massimo di 350,42 ng/l in superficie nella BO6 (fig. 3.16).

La clorofilla *b* (Chl *b*) ha mostrato una concentrazione media simile a quella della clorofilla *c* (Chl *c*) ( $32,60 \pm 24,25$  e  $11,64 \pm 6,50$  ng/l rispettivamente). Il massimo di Chl *b* è stato rilevato in BO4 sul fondo (79,80 ng/l), quello di Chl *c* in BO8 alla medesima quota (26,03 ng/l). Lo strato di fondo in generale è apparso caratterizzato da concentrazioni più elevate per tutti i pigmenti (fig. 3.17).

La concentrazione di materiale particellato (TSM) è ammontata mediamente a  $3,79 \pm 1,22$  mg/l. Il valore più elevato, pari a 6,42 mg/l, è stato registrato a 20 m nella stazione BO3.

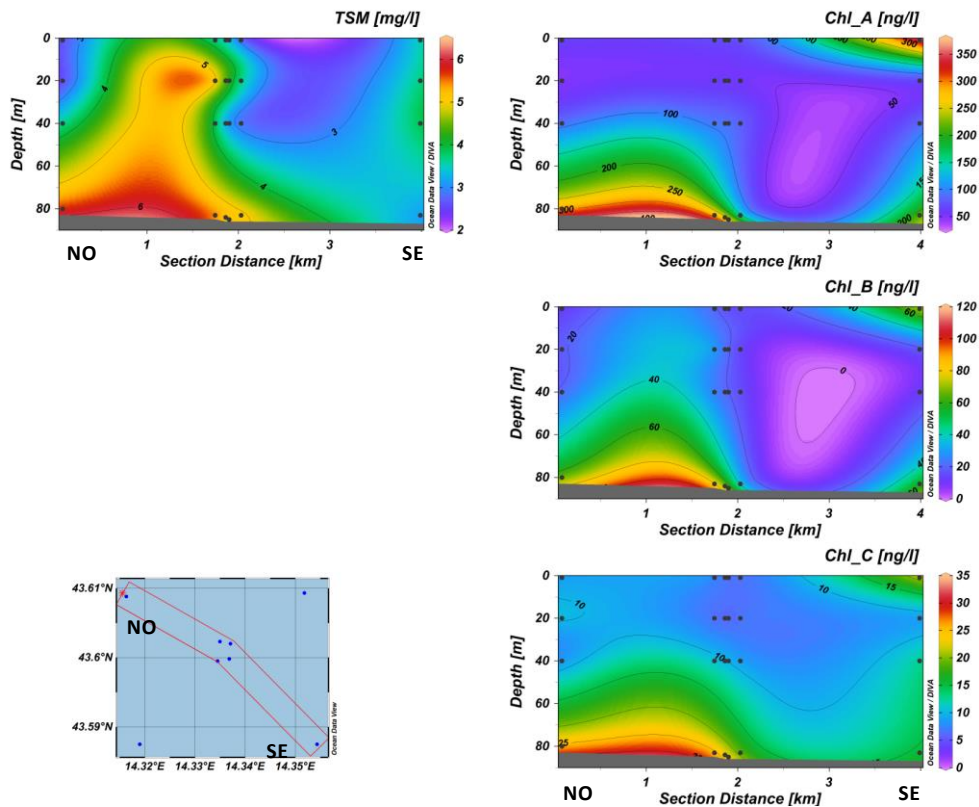
A **settembre** la clorofilla *a* ha presentato una concentrazione media di  $130,12 \pm 69,82$  ng/l e valori compresi tra 49,52 ng/l nella stazione BO5 in superficie e un massimo di 235,21 ng/l al fondo della BO6 (fig. 3.18).

La clorofilla *b* è risultata mediamente comparabile alla Chl *c* ( $40,29 \pm 41,22$  e  $10,54 \pm 6,43$  ng/l rispettivamente), con i massimi in BO5 (125,83 ng/l; molto simile a BO7: 125,07 ng/l) e in BO6 (28,06 ng/l) entrambi sul fondo. Analogamente a luglio, in generale le maggiori concentrazioni sono state rilevate proprio nello strato di fondo (fig. 3.19).

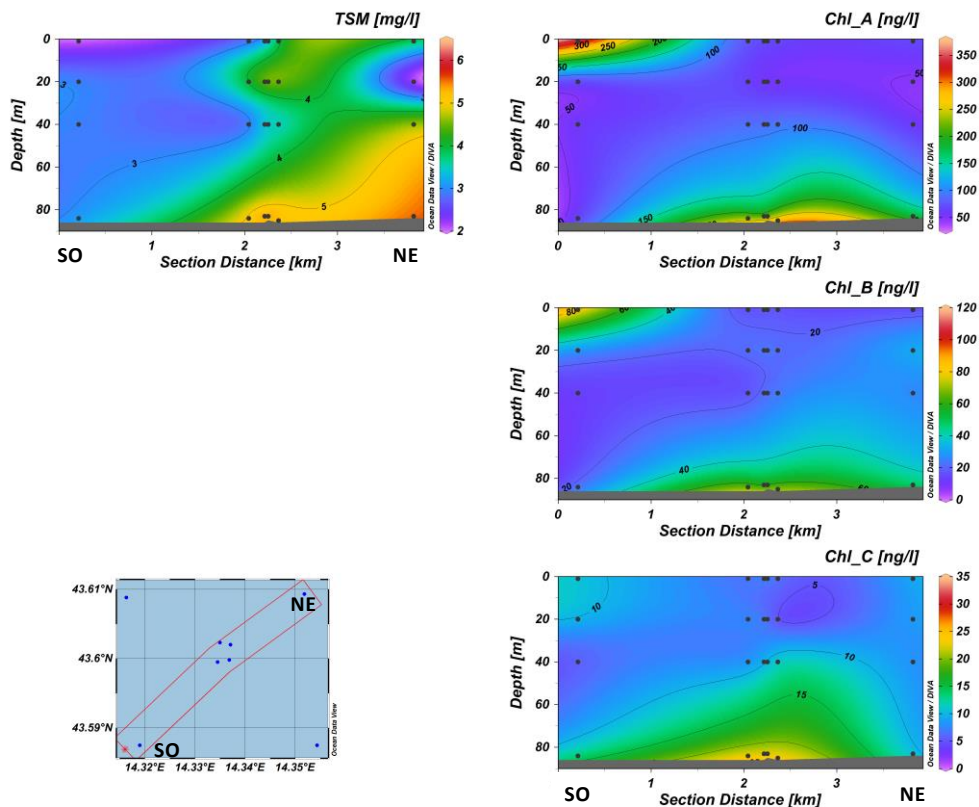
La concentrazione media di TSM è apparsa simile a quella di luglio ( $3,83 \pm 1,39$  mg/l). Aumenti dei valori sono stati osservati in superficie, dove è stato registrato il massimo in BO1 (6,35 mg/l; fig. 3.18).

Infine, a **novembre** i pigmenti clorofilliani hanno raggiunto concentrazioni più elevate rispetto a quelle di settembre e picchi di concentrazione a circa 40 m (fig. 3.20).

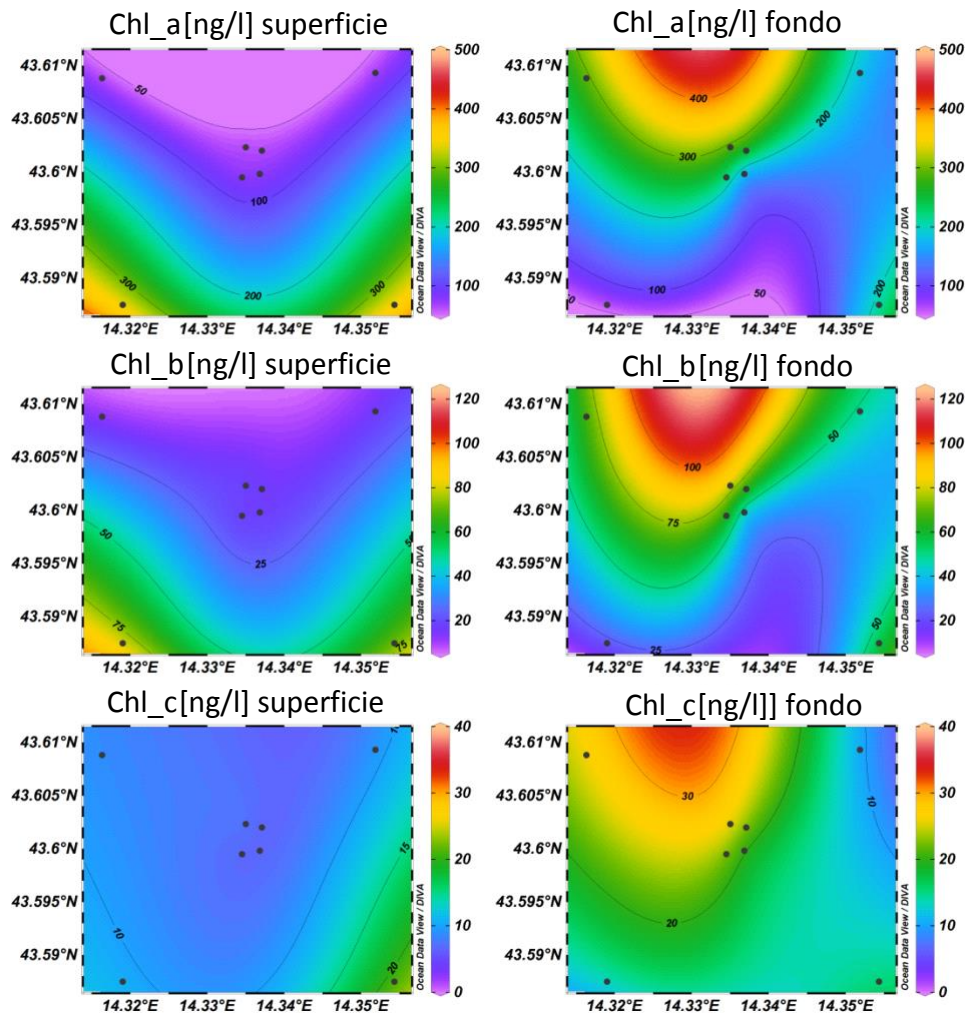
La clorofilla *a* ha assunto un valore medio di  $236,73 \pm 89,10$  ng/l, con un massimo di 383,05 ng/l a 40 m nella stazione BO6. Il contenuto medio di Chl *b* è risultato maggiore rispetto a quello di Chl *c* ( $74,90 \pm 40,80$  e  $19,86 \pm 12,59$  ng/l), con i massimi rispettivamente in BO2 (167,19 ng/l) e BO3 (50,38 ng/l), entrambi a 40 m di profondità. Le distribuzioni areali dei pigmenti hanno mostrato concentrazioni più elevate al fondo e, per Chl *b* e Chl *c*, nelle stazioni centrali (fig. 3.21). I valori maggiori di TSM sono stati registrati sul fondo (massimo di 5,22 mg/l in BO5; fig. 3.19).



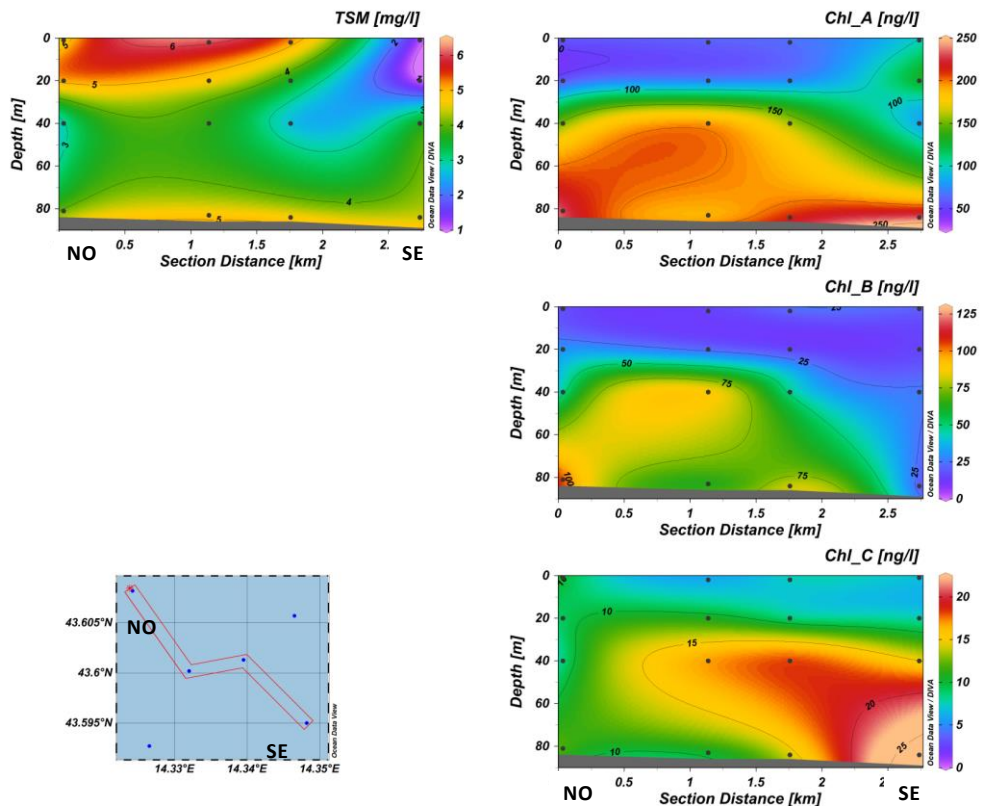
**Fig. 3.16a** - Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Luglio 2015.**



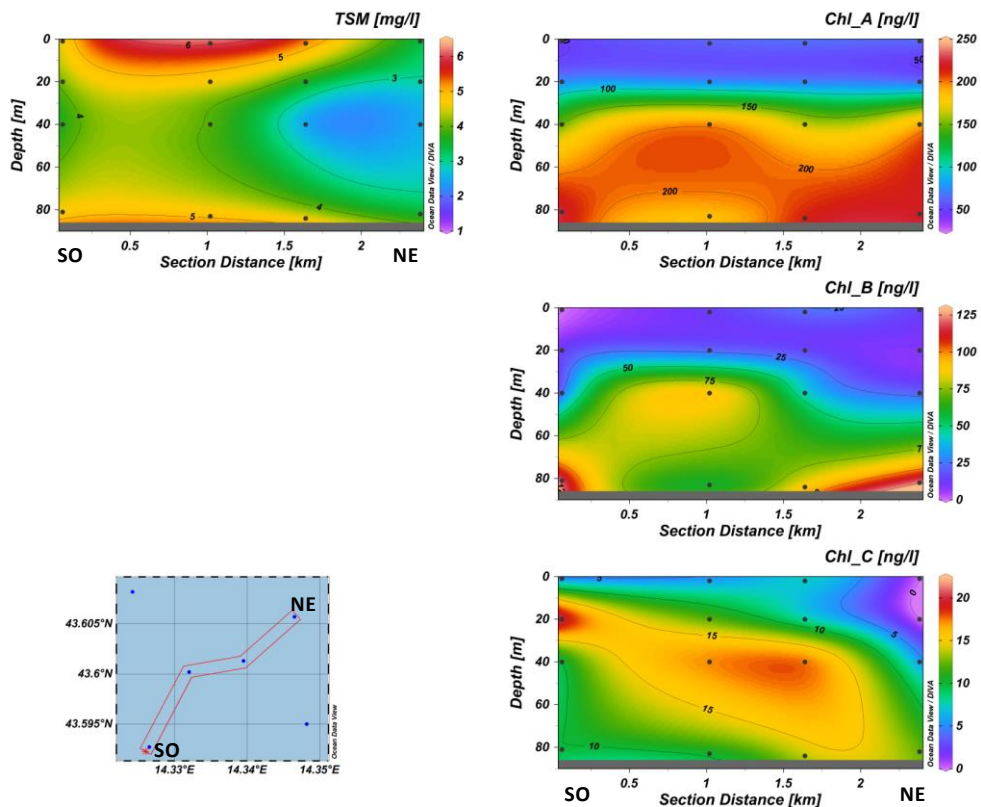
**Fig. 3.16b** - Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Luglio 2015.**



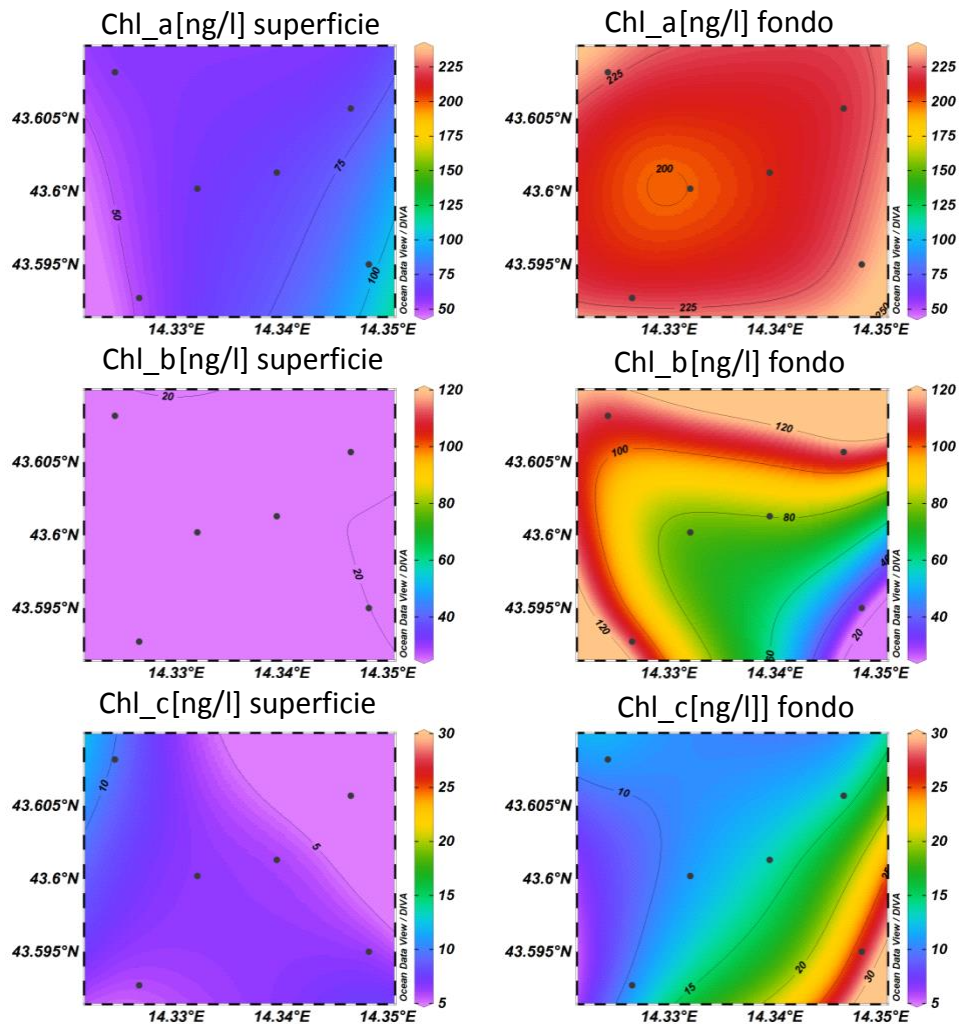
**Fig. 3.17** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Luglio 2015.**



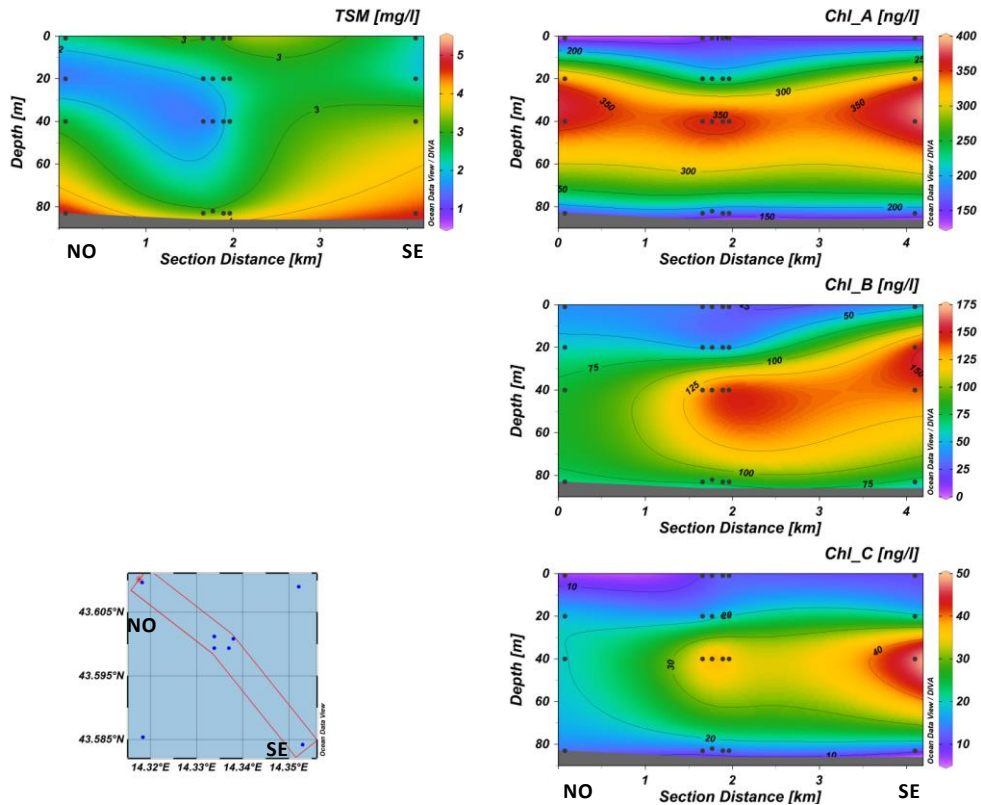
**Fig. 3.18a** - Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Settembre 2015**.



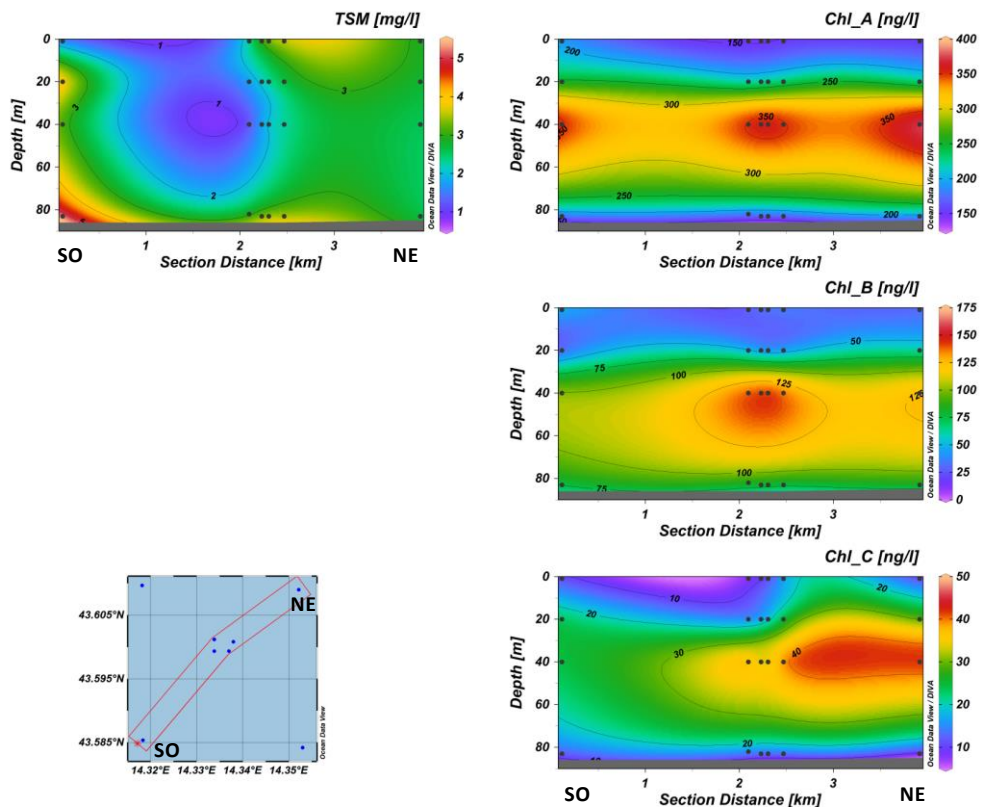
**Fig. 3.18b** - Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Settembre 2015**.



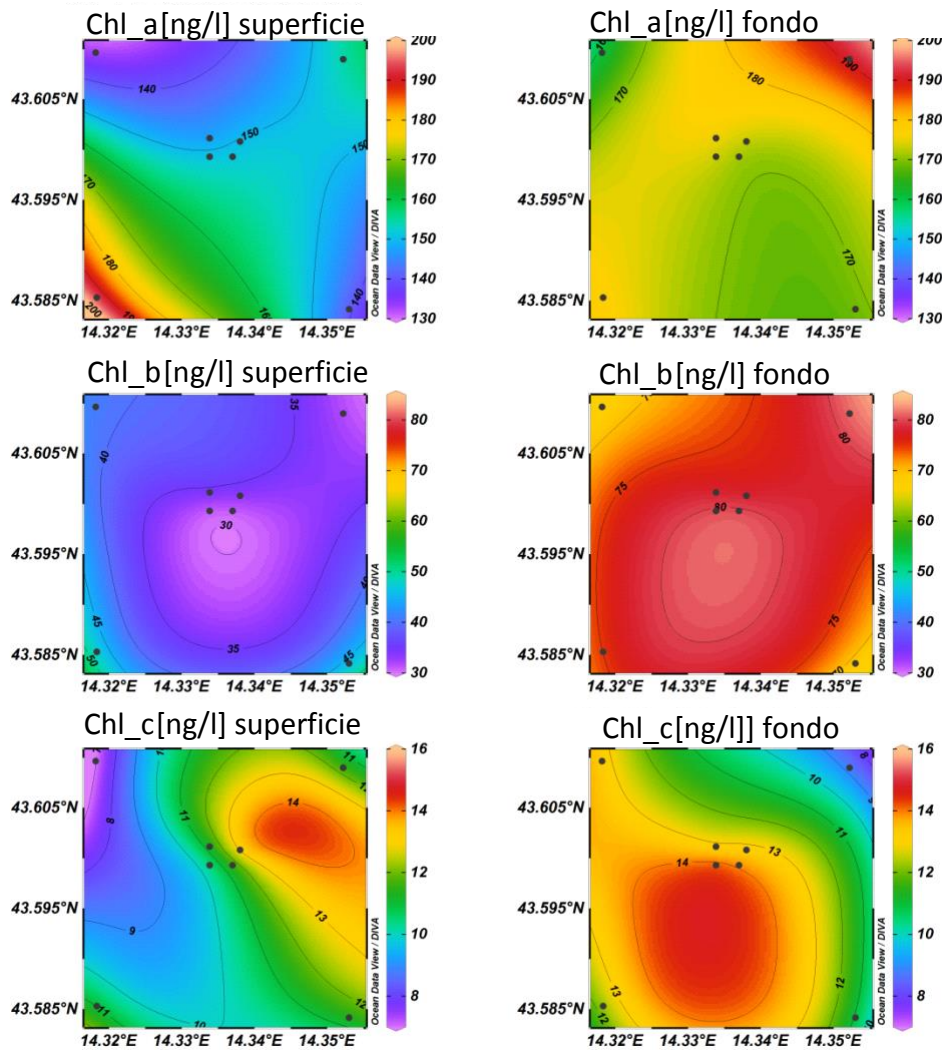
**Fig. 3.19** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Settembre 2015.**



**Fig. 3.20a** - 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. **Novembre 2015.**



**Fig. 3.20b** - 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. **Novembre 2015.**



**Fig. 3.21** - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Novembre 2015**.

### 3.1.4. IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX

Tutti questi composti eccetto gli IA sono risultati ovunque e sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità strumentale (Tabb. 3-II e 3-III).

A **luglio** gli IA sono stati rilevati a tutte le quote delle stazioni BO5, BO7 e BO8, mentre negli altri siti in una o due quote non sono stati registrati. Il massimo (5,41  $\mu\text{g/l}$ ) è stato raggiunto al fondo della BO4.

A **settembre** i valori di IA, assenti in BO5 a tutte le quote e in BO7 a 20 m, sono risultati sempre piuttosto bassi, con un valore medio pari a circa 1,5 volte il limite di quantificazione ( $1,58 \pm 0,38 \mu\text{g/l}$ ). Il massimo, pari a  $2,74 \mu\text{g L}^{-1}$ , è stato raggiunto alla quota di superficie della stazione BO1.



A **novembre** anche questi composti sono risultati al di sotto del limite di rilevanza strumentale. Nei due survey in cui sono stati rilevati non è stata evidenziata alcuna differenza significativa tra le stazioni a 100 m e quelle a 2000 m di distanza dalla piattaforma (Tab. 3-IV).

**Tab. 3-II** - Concentrazioni ( $\mu\text{g/l}$ ) di Idrocarburi totali, IA e IPA registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti durante l'installazione di Bonaccia NW.

Stazione	Luglio 2015			Settembre 2015			Novembre 2015		
	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	2,56	<0,01	<30	2,74	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO1 20 m	< 30	1,32	<0,01	<30	1,64	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO1 40 m	< 30	2,00	<0,01	<30	1,57	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO1 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,81	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO2 sup	< 30	1,59	<0,01	non campionata			< 30	< 1	<0,01
BO2 20 m	< 30	3,19	<0,01				< 30	< 1	<0,01
BO2 40 m	< 30	1,81	<0,01				< 30	< 1	<0,01
BO2 fondo	< 30	< 1	<0,01				< 30	< 1	<0,01
BO3 sup	< 30	3,30	<0,01	<30	1,72	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO3 20 m	< 30	3,28	<0,01	<30	1,53	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO3 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,50	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO3 fondo	< 30	1,51	<0,01	<30	1,09	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO4 sup	< 30	< 1	<0,01	non campionata			< 30	< 1	<0,01
BO4 20 m	< 30	1,72	<0,01				< 30	< 1	<0,01
BO4 40 m	< 30	1,03	<0,01				< 30	< 1	<0,01
BO4 fondo	< 30	5,41	<0,01				< 30	< 1	<0,01
BO5 sup	< 30	4,13	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO5 20 m	< 30	2,65	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO5 40 m	< 30	3,50	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO5 fondo	< 30	3,77	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO6 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,64	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO6 20 m	< 30	1,08	<0,01	<30	1,72	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO6 40 m	< 30	1,49	<0,01	<30	1,52	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO6 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,20	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO7 sup	< 30	3,03	<0,01	<30	1,69	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO7 20 m	< 30	2,49	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO7 40 m	< 30	3,24	<0,01	<30	1,02	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO7 fondo	< 30	3,25	<0,01	<30	1,66	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO8 sup	< 30	3,09	<0,01	<30	1,20	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO8 20 m	< 30	4,01	<0,01	<30	1,82	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO8 40 m	< 30	1,01	<0,01	<30	1,14	<0,01	< 30	< 1	<0,01
BO8 fondo	< 30	2,07	<0,01	<30	1,86	<0,01	< 30	< 1	<0,01

**Tab. 3-III** - Microinquinanti organici (BTEX; µg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti durante l'installazione di Bonaccia NW.

Stazione	Luglio 2015					Settembre 2015					Novembre 2015				
	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene
BO1 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO1 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO1 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO1 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO2 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	non campionata					<0,1	<1	<1	<1	<0,1
BO2 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1						<0,1	<1	<1	<0,1	
BO2 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1						<0,1	<1	<1	<1	<0,1
BO2 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1						<0,1	<1	<1	<1	<0,1
BO3 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO3 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO3 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO3 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO4 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	non campionata					<0,1	<1	<1	<1	<0,1
BO4 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1						<0,1	<1	<1	<0,1	
BO4 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1						<0,1	<1	<1	<1	<0,1
BO4 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1						<0,1	<1	<1	<1	<0,1
BO5 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO5 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO5 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO5 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO6 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO6 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO6 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO6 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO7 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO7 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO7 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO7 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO8 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO8 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO8 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
BO8 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1

**Tab. 3-IV** - Analisi della varianza degli IA fra le stazioni a 100 m dalla piattaforma (BO1, BO2, BO3, BO4) e quelle a 2000 m ( BO5, BO6, BO7, BO8), nelle campagne effettuate nel secondo semestre 2015 (\*\*: differenze significative al livello  $p < 0,01$ , ns: non significativo; nd: non determinabile).

<i>Parametro</i>	Luglio 2015	Settembre 2015	Novembre 2015
IA	<i>ns</i>	<i>ns</i>	nd

### 3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il Glicole etilenico è sempre risultato non rilevabile in tutti i tre survey condotti durante le operazioni di posa in pera di Bonaccia NW (Tab. 3-V).

**Tab. 3-V** - Concentrazioni (mg/l) di Glicole etilenico registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti durante l'installazione di Bonaccia NW.

Stazione	Luglio 2015	Settembre 2015	Novembre 2015
BO1 sup	159	< 10	< 10
BO1 20 m	137	< 10	< 10
BO1 40 m	130	< 10	< 10
BO1 fondo	< 10	< 10	< 10
BO2 sup	< 10	non campionata	< 10
BO2 20 m	< 10		< 10
BO2 40 m	< 10		< 10
BO2 fondo	< 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	non campionata	< 10
BO4 20 m	< 10		< 10
BO4 40 m	< 10		< 10
BO4 fondo	< 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

### 3.1.6. METALLI PESANTI

Nel **luglio 2015** cadmio, mercurio (eccetto in BO4 in superficie) e indio hanno mostrato concentrazioni sempre inferiori al limite di rilevabilità (Tab. 3-VI). Ferro, piombo e rame non sono stati rilevati a diverse quote di diverse stazioni. I massimi, pari rispettivamente a 23,5 µg/l, 0,77 µg/l e 5,21 µg/l, sono osservati in superficie nella stazione BO4. L'alluminio e lo zinco non sono stati rilevati in una o più quote di 5-6 stazioni mostrando, analogamente al rame, la più alta variabilità con un coefficiente di variazione (CV) medio abbondantemente superiore al 100%. I massimi sono stati raggiunti sul fondo della stazione BO1 per quanto riguarda Al (29,08 µg/l) e in superficie della stessa stazione per quanto riguarda lo zinco (181,72 µg/l).

Tutti gli altri metalli sono sempre risultati sopra il limite di rilevabilità, con l'eccezione di cromo e silicio non rilevabili rispettivamente in due casi e in uno (Tab. 3-VI). L'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio hanno presentato una minima variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale, sia in quella verticale, con un CV medio inferiore al 10%. I valori massimi sono risultati pari a 1,35 µg/l per As (BO1, superficie), 8,41 µg/l per Ba (BO4, superficie), 1,44 µg/l per V (BO2, -20 m) e 0,23 mg/l per Si (BO2, fondo).

Infine, cromo e nichel hanno presentato un CV di poco inferiore al 50%, con concentrazioni medie in ogni caso di poco oltre il limite di rilevabilità (0,18±0,05 µg/l e 0,39±0,22 µg/l rispettivamente). I massimi sono stati raggiunti per il cromo al fondo della stazione BO1 (0,32 µg/l) e per il nichel alla quota 20 della BO4 (1,00 µg/l).

In nessun caso sono state osservate variazioni statisticamente significative tra le stazioni poste a 100 m e quelle a 2000 m dalla piattaforma (Tab. 3-VII).

A **settembre** la situazione è apparsa molto simile a quella della crociera precedente per quasi tutte le specie chimiche considerate (Tab. 3-VI). Il cadmio, il mercurio e l'indio hanno continuato a restare al di sotto del limite di rilevabilità, e ferro e piombo sono risultati inferiori ai rispettivi limiti nella maggior parte delle stazioni. L'analogia tra i due periodi appare ancora più evidente per l'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio, per i quali è stata osservata la stessa limitata variabilità. L'arsenico ha presentato in questo caso il massimo, pari a 1,76 µg/l, alla quota 40 m della stazione BO6, mentre il bario (8,58 µg/l) a -20 m nella BO1. Per vanadio e silicio, invece, i massimi sono stati registrati rispettivamente alla quota di fondo della BO3 (1,03 µg/l) e della BO1 (0,27 mg/l).

Anche cromo e nichel hanno evidenziato un andamento simile alla crociera precedente, mostrando valori sempre al di sopra dei rispettivi limiti di rilevabilità. I massimi sono stati

raggiunti per il cromo alla quota di 40 m (0,46 µg/l) e per il nichel in superficie (1,32 µg/l) nella stazione BO7. Il rame è stato l'unico elemento a mostrare una piccola differenza rispetto al survey precedente. Infatti, a settembre le concentrazioni sono sempre risultate rilevabili, con un massimo di 2,57 µg/l misurato alla quota 40 m della BO1. L'alluminio e lo zinco hanno presentato anche in questo periodo, una forte variabilità rispetto agli altri metalli, con un CV medio superiore anche in questo caso al 100%. I rispettivi valori massimi, pari a 27,18 µg/l e 94,64 µg/l, sono stati raggiunti alla quota 40 m della stazione BO1 dall'alluminio e alla quota 40 della stazione BO7 dallo zinco. Anche in questo survey non sono state evidenziate differenze significative tra le stazioni a 100 m e quelle a 2000 m di distanza dalla piattaforma per alcuno degli elementi analizzati (Tab. 3-VII).

**Tab. 3-VI** – Metalli pesanti (µg/l; Si in mg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. A settembre non è stato possibile campionare le stazioni BO2 e BO4.

Luglio 2015														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	24,64	1,35	8,16	< 0,1	0,25	7,2	< 0,1	0,44	< 0,1	0,79	1,19	181,72	< 0,1	0,14
BO1 20 m	2,47	1,16	6,68	< 0,1	0,19	< 5	< 0,1	0,90	< 0,1	< 0,1	1,30	13,41	< 0,1	0,17
BO1 40 m	7,69	1,09	6,79	< 0,1	0,21	< 5	< 0,1	0,26	< 0,1	< 0,1	1,38	17,71	< 0,1	0,17
BO1 fondo	29,08	1,29	7,48	< 0,1	0,32	6,2	< 0,1	0,73	< 0,1	< 0,1	1,31	137,78	< 0,1	0,21
BO2 sup	0,93	1,11	7,88	< 0,1	0,20	6,0	< 0,1	0,47	< 0,1	< 0,1	1,18	14,77	< 0,1	0,11
BO2 20 m	4,11	1,23	6,69	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	0,39	< 0,1	< 0,1	1,44	18,07	< 0,1	0,14
BO2 40 m	0,34	1,21	6,64	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	0,21	< 0,1	< 0,1	1,33	< 0,1	< 0,1	0,17
BO2 fondo	4,08	1,26	7,00	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	0,26	< 0,1	< 0,1	1,35	14,86	< 0,1	0,23
BO3 sup	3,48	1,26	8,17	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,40	0,12	0,57	1,29	7,31	< 0,1	0,13
BO3 20 m	< 0,1	1,26	6,68	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	0,16	< 0,1	< 0,1	1,34	< 0,1	< 0,1	0,14
BO3 40 m	0,66	1,27	6,70	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	1,38	3,92	< 0,1	0,17
BO3 fondo	0,71	1,15	6,87	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	0,15	< 0,1	< 0,1	1,32	0,82	< 0,1	0,23
BO4 sup	19,44	1,19	8,41	< 0,1	0,20	23,5	0,1	0,53	0,77	5,21	1,34	84,30	< 0,1	0,11
BO4 20 m	4,74	1,21	6,78	< 0,1	0,18	5,5	< 0,1	1,00	< 0,1	0,51	1,39	18,62	< 0,1	0,15
BO4 40 m	< 0,1	1,19	6,68	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	0,14	< 0,1	< 0,1	1,43	< 0,1	< 0,1	0,15
BO4 fondo	0,12	1,11	7,03	< 0,1	0,19	< 5	< 0,1	0,40	< 0,1	< 0,1	1,32	0,52	< 0,1	0,22
BO5 sup	11,16	1,08	7,99	< 0,1	0,31	7,0	< 0,1	0,72	0,34	2,78	1,30	32,93	< 0,1	0,13
BO5 20 m	< 0,1	1,27	6,77	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	0,25	< 0,1	< 0,1	1,31	24,29	< 0,1	0,17
BO5 40 m	0,43	1,10	6,59	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	0,22	< 0,1	< 0,1	1,42	< 0,1	< 0,1	0,13
BO5 fondo	1,30	1,16	7,08	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	0,40	< 0,1	< 0,1	1,25	9,62	< 0,1	0,21
BO6 sup	< 0,1	1,13	7,58	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	0,27	< 0,1	2,27	1,22	1,06	< 0,1	0,12
BO6 20 m	< 0,1	1,17	6,82	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,21	< 0,1	< 0,1	1,38	< 0,1	< 0,1	0,17
BO6 40 m	4,44	1,29	6,79	< 0,1	0,18	12,9	< 0,1	0,44	< 0,1	< 0,1	1,39	20,63	< 0,1	0,14
BO6 fondo	0,26	1,27	7,05	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	1,27	< 0,1	< 0,1	0,22
BO7 sup	< 0,1	1,03	7,82	< 0,1	0,10	< 5	< 0,1	0,28	< 0,1	0,36	1,25	< 0,1	< 0,1	0,11
BO7 20 m	5,93	1,32	6,89	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	0,48	0,11	< 0,1	1,35	28,22	< 0,1	0,14
BO7 40 m	2,65	1,18	6,85	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,46	< 0,1	< 0,1	1,42	15,17	< 0,1	0,15
BO7 fondo	4,69	1,18	7,28	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	0,71	< 0,1	0,20	1,31	27,44	< 0,1	0,21
BO8 sup	3,37	1,11	7,98	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	0,47	< 0,1	0,51	1,24	15,98	< 0,1	< 0,1
BO8 20 m	7,52	1,31	7,00	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	0,34	< 0,1	< 0,1	1,39	31,21	< 0,1	0,15
BO8 40 m	4,70	1,32	7,01	< 0,1	0,15	5,1	< 0,1	0,47	< 0,1	< 0,1	1,42	23,26	< 0,1	0,16
BO8 fondo	< 0,1	1,26	6,99	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,18	< 0,1	< 0,1	1,31	< 0,1	< 0,1	0,21

Tab. 3-VI – Continuo.

Settembre 2015														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	3,55	1,50	7,67	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	0,50	< 0,1	0,48	0,98	6,13	< 0,1	0,15
BO1 20 m	3,94	1,32	8,58	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	0,51	< 0,1	0,21	0,83	11,15	< 0,1	0,14
BO1 40 m	27,18	1,71	8,35	< 0,1	0,37	7,29	< 0,1	1,20	0,49	2,57	0,98	27,51	< 0,1	0,13
BO1 fondo	9,11	1,54	7,42	< 0,1	0,40	6,42	< 0,1	0,61	0,12	0,54	0,93	25,31	< 0,1	0,27
BO3 sup	2,46	1,70	7,71	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,47	< 0,1	0,32	0,97	2,34	< 0,1	0,14
BO3 20 m	4,67	1,58	7,79	< 0,1	0,26	5,14	< 0,1	0,68	< 0,1	0,27	0,99	24,50	< 0,1	0,09
BO3 40 m	2,19	1,59	7,51	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	0,39	< 0,1	0,21	0,94	0,09	< 0,1	0,18
BO3 fondo	2,15	1,63	7,88	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	0,39	< 0,1	0,16	1,03	3,86	< 0,1	0,22
BO5 sup	6,72	1,54	7,60	< 0,1	0,24	< 5	< 0,1	0,48	< 0,1	0,45	0,91	28,32	< 0,1	0,14
BO5 20 m	1,59	1,42	7,57	< 0,1	0,21	< 5	< 0,1	0,39	< 0,1	0,17	0,89	2,86	< 0,1	0,14
BO5 40 m	2,15	1,70	7,66	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,36	< 0,1	0,15	0,77	5,59	< 0,1	0,15
BO5 fondo	4,39	1,61	8,07	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	0,44	< 0,1	0,22	0,96	33,19	< 0,1	0,22
BO6 sup	3,75	1,23	7,69	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	0,59	0,12	1,13	0,56	14,65	< 0,1	0,12
BO6 20 m	2,88	1,50	7,58	< 0,1	0,23	< 5	< 0,1	0,46	< 0,1	0,14	0,95	13,26	< 0,1	0,13
BO6 40 m	3,54	1,76	7,64	< 0,1	0,29	< 5	< 0,1	0,44	< 0,1	0,17	0,95	20,32	< 0,1	0,15
BO6 fondo	3,24	1,70	7,91	< 0,1	0,19	< 5	< 0,1	0,39	< 0,1	0,17	0,85	11,90	< 0,1	0,20
BO7 sup	6,16	1,49	7,32	< 0,1	0,37	5,31	< 0,1	1,32	0,53	2,12	0,78	37,35	< 0,1	0,10
BO7 20 m	4,21	1,51	7,78	< 0,1	0,26	< 5	< 0,1	0,45	< 0,1	0,20	0,92	55,19	< 0,1	0,10
BO7 40 m	13,82	1,65	8,17	< 0,1	0,46	8,69	< 0,1	1,04	0,36	0,85	1,00	94,64	< 0,1	0,15
BO7 fondo	2,20	1,66	7,83	< 0,1	0,21	5,93	< 0,1	0,39	< 0,1	0,17	0,91	0,06	< 0,1	0,23
BO8 sup	2,31	1,56	7,77	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	0,51	< 0,1	0,53	0,84	5,71	< 0,1	0,11
BO8 20 m	3,39	1,55	7,62	< 0,1	0,29	< 5	< 0,1	0,62	< 0,1	0,30	0,88	20,68	< 0,1	0,09
BO8 40 m	1,94	1,55	7,64	< 0,1	0,19	< 5	< 0,1	0,40	< 0,1	0,17	0,90	0,87	< 0,1	0,16
BO8 fondo	5,00	1,54	8,08	< 0,1	0,22	< 5	< 0,1	0,50	< 0,1	0,21	0,84	14,02	< 0,1	0,21

Novembre 2015														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	9,93	1,46	8,13	< 0,1	0,35	8,63	< 0,1	0,76	0,16	0,52	2,41	19,11	< 0,1	0,18
BO1 20 m	2,87	1,27	8,10	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	0,45	< 0,1	< 0,1	2,04	4,04	< 0,1	0,16
BO1 40 m	3,01	1,49	8,30	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	0,36	< 0,1	< 0,1	2,09	6,39	< 0,1	0,14
BO1 fondo	2,42	1,49	8,14	< 0,1	0,29	< 5	< 0,1	0,41	< 0,1	< 0,1	2,01	6,38	< 0,1	0,26
BO2 sup	4,20	1,46	9,45	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	0,44	< 0,1	< 0,1	1,96	9,36	< 0,1	0,16
BO2 20 m	1,02	1,31	7,97	< 0,1	0,22	< 5	< 0,1	0,30	< 0,1	< 0,1	2,03	< 0,1	< 0,1	0,19
BO2 40 m	1,59	1,54	8,33	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,43	< 0,1	< 0,1	2,01	0,86	< 0,1	0,21
BO2 fondo	2,31	1,57	8,25	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	0,44	< 0,1	< 0,1	1,99	2,87	< 0,1	0,27
BO3 sup	1,43	1,19	7,84	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	0,33	< 0,1	< 0,1	2,05	2,72	< 0,1	0,15
BO3 20 m	1,08	1,45	8,12	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	0,26	< 0,1	< 0,1	2,09	< 0,1	< 0,1	0,15
BO3 40 m	1,42	1,57	8,05	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	0,35	< 0,1	< 0,1	2,08	< 0,1	< 0,1	0,21
BO3 fondo	3,43	1,68	9,68	< 0,1	0,22	< 5	< 0,1	0,45	< 0,1	< 0,1	2,09	10,14	< 0,1	0,29
BO4 sup	3,15	1,53	8,02	< 0,1	0,26	< 5	< 0,1	0,42	< 0,1	< 0,1	2,16	12,22	< 0,1	0,15
BO4 20 m	0,93	1,57	7,95	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,34	< 0,1	< 0,1	2,08	0,81	< 0,1	0,15
BO4 40 m	1,70	1,70	8,20	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	0,32	< 0,1	< 0,1	2,09	0,93	< 0,1	0,20
BO4 fondo	5,28	1,38	7,74	< 0,1	0,34	5,24	< 0,1	0,57	< 0,1	< 0,1	2,13	36,17	< 0,1	0,29
BO5 sup	1,95	1,54	8,47	< 0,1	0,19	< 5	< 0,1	0,43	< 0,1	< 0,1	2,07	13,91	< 0,1	0,18
BO5 20 m	2,86	1,36	8,03	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,83	< 0,1	< 0,1	2,07	6,38	< 0,1	0,15
BO5 40 m	5,16	1,69	9,71	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,78	< 0,1	0,70	2,18	17,26	< 0,1	0,18
BO5 fondo	19,80	1,53	10,43	< 0,1	0,29	7,36	< 0,1	1,40	0,35	2,18	2,23	54,89	< 0,1	0,27
BO6 sup	1,47	1,25	8,18	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	0,45	< 0,1	0,97	2,20	0,54	< 0,1	0,16
BO6 20 m	3,88	1,29	8,12	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	0,54	< 0,1	< 0,1	2,09	4,86	< 0,1	0,17
BO6 40 m	6,02	1,71	8,14	< 0,1	0,26	< 5	< 0,1	0,67	< 0,1	0,32	2,22	11,97	< 0,1	0,20
BO6 fondo	2,04	1,47	8,43	< 0,1	0,10	< 5	< 0,1	0,29	< 0,1	< 0,1	2,08	< 0,1	< 0,1	0,27
BO7 sup	2,06	1,58	7,98	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	0,39	< 0,1	< 0,1	2,13	5,23	< 0,1	0,16
BO7 20 m	1,56	1,34	8,03	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	0,31	< 0,1	< 0,1	2,19	8,94	< 0,1	0,14
BO7 40 m	3,98	1,73	8,35	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	0,46	< 0,1	< 0,1	2,19	20,56	< 0,1	0,20
BO7 fondo	7,82	1,63	8,54	< 0,1	0,26	5,13	< 0,1	0,52	< 0,1	< 0,1	2,21	59,98	< 0,1	0,26
BO8 sup	2,88	1,29	8,41	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	0,27	< 0,1	< 0,1	2,19	9,09	< 0,1	0,16
BO8 20 m	1,09	1,45	7,85	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	0,25	< 0,1	< 0,1	2,17	< 0,1	< 0,1	0,17
BO8 40 m	4,06	1,57	8,33	< 0,1	0,19	< 5	< 0,1	0,40	< 0,1	< 0,1	2,21	20,06	< 0,1	0,20
BO8 fondo	5,52	1,37	8,32	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	0,33	< 0,1	< 0,1	2,22	38,83	< 0,1	0,31

**Tab. 3-VII** - Analisi della varianza degli inquinanti inorganici fra le stazioni a 100 m dalla piattaforma (staz. BO1, BO2, BO3, BO4) e le stazioni a 2000 m (staz. BO5, BO6, BO7, BO8), nelle campagne effettuate nel secondo semestre 2015 (\*\* differenze significative al livello  $p < 0,01$ , ns: non significative).

Parametri	Luglio 2015	Settembre 2015	Novembre 2015
Alluminio ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Arsenico ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Bario ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Cromo ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Ferro ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Nichel ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Piombo ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Rame ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Vanadio ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	**
Zinco ( $\mu\text{g/l}$ )	ns	ns	ns
Silice ( $\text{mg/l}$ )	ns	ns	ns

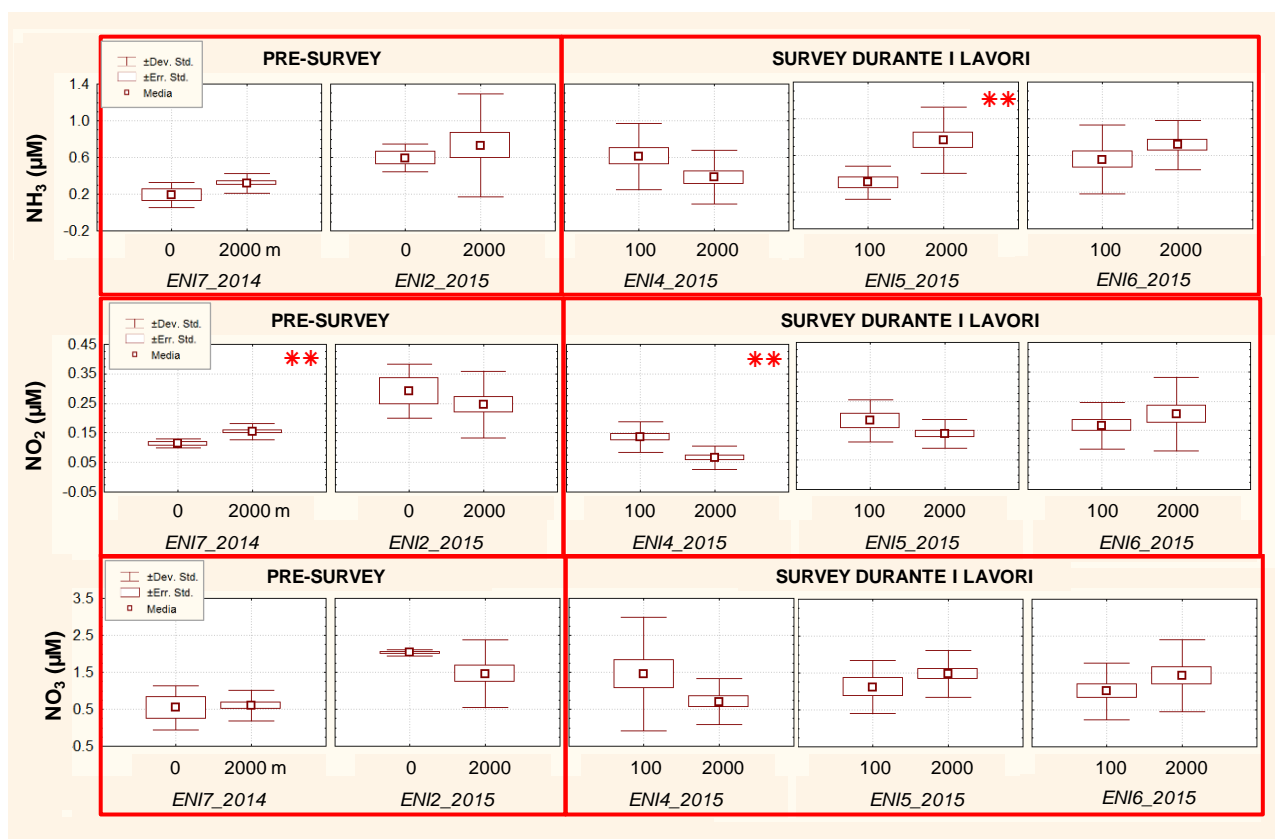
Anche a **novembre** la situazione non si è discostata molto dalle precedenti, con ancora il cadmio, il mercurio e l'indio sempre al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità, e ferro, piombo e rame rilevabili solo in poche stazioni. Anche arsenico, bario, vanadio e silicio hanno mostrato l'usuale scarsa variabilità, senza particolari variazioni rispetto alle campagne precedenti eccetto il vanadio apparso più abbondante ovunque. Il vanadio ha anche rappresentato l'unico caso in cui sono state rilevate concentrazioni significativamente differenti tra siti a 100 m e quelli a 2000 m da Bonaccia NW (Tab. 3-VII), con i valori maggiori nelle stazioni più lontane. I valori massimi di questi metalli sono stati raggiunti alla quota 40 m della stazione BO7 (As:  $1,73 \mu\text{g/l}$ ), al fondo della BO5 (BA:  $10,43 \mu\text{g/l}$ ), in superficie nella BO1 (V:  $2,41 \mu\text{g/l}$ ) e al fondo della BO8 (Si:  $0,31 \text{mg/l}$ ). Cromo e nichel sono risultati sempre rilevabili, così come nei survey precedenti, senza particolari differenze temporali; i valori massimi sono stati raggiunti rispettivamente in superficie nella stazione BO1 ( $0,35 \mu\text{g/l}$ ) e al fondo della stazione BO5 ( $1,40 \mu\text{g/l}$ ). Invece, le più alte concentrazioni di alluminio e zinco sono state rilevate al fondo rispettivamente della stazione BO5 ( $19,80 \mu\text{g/l}$ ) e della BO7 ( $59,98 \mu\text{g/l}$ ).

Come a luglio e a settembre, il ferro e lo zinco sono stati i due metalli a presentare la più alta variabilità, con un CV medio pari al 105%, anche se non sono state rilevate particolari differenze con i periodi precedenti.

### 3.1.7. CONFRONTO FRA I MONITORAGGI EFFETTUATI NEI PRE-SURVEY E DURANTE I LAVORI DI POSA IN OPERA

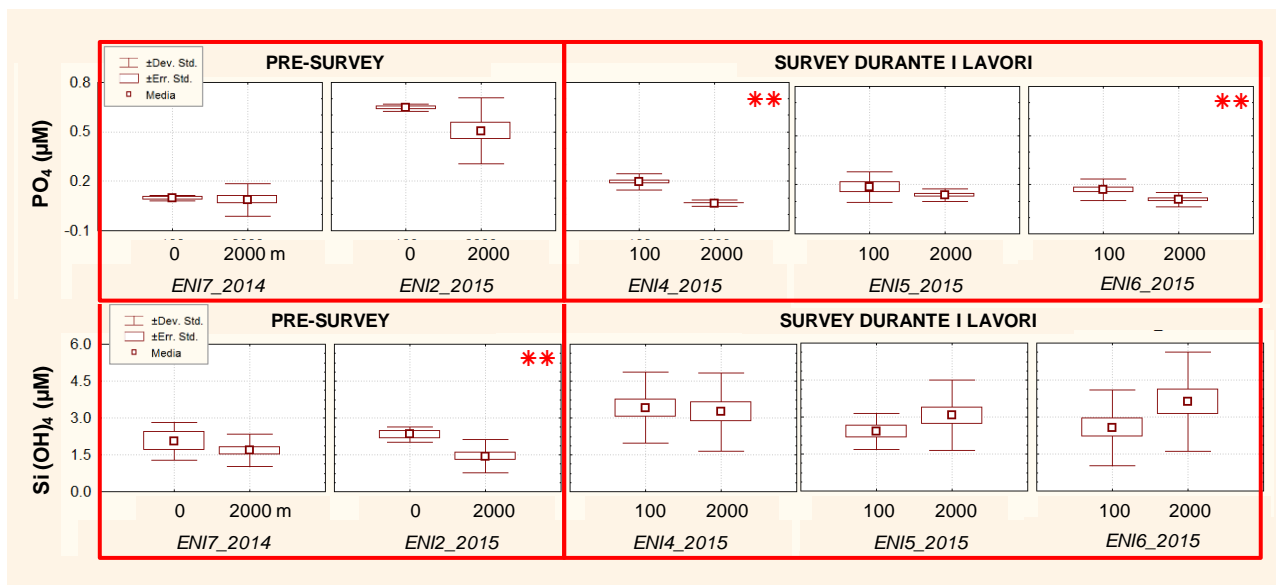
#### 3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

Sia nel pre-survey che durante i lavori di posa in opera della piattaforma è stata rilevata una variabilità dei parametri osservati, spesso elevata, tra l'area corrispondente alla piattaforma e le stazioni a 2000 m di distanza, fenomeno non correlato a lavori di installazione essendosi verificato anche nelle campagne di pre-survey (figg. 3.22 - 3.24). Ad esempio, nel 1° pre-survey condotto nel dicembre 2014 (ENI7\_2014) erano state evidenziate differenze significative (livello  $p < 0,01$ ) fra la stazione centrale (BO0) e quelle a 2000 m per quanto riguarda i nitriti e a marzo (ENI2\_2015) per gli ortosilicati (figg. 3.22 e 3.23).

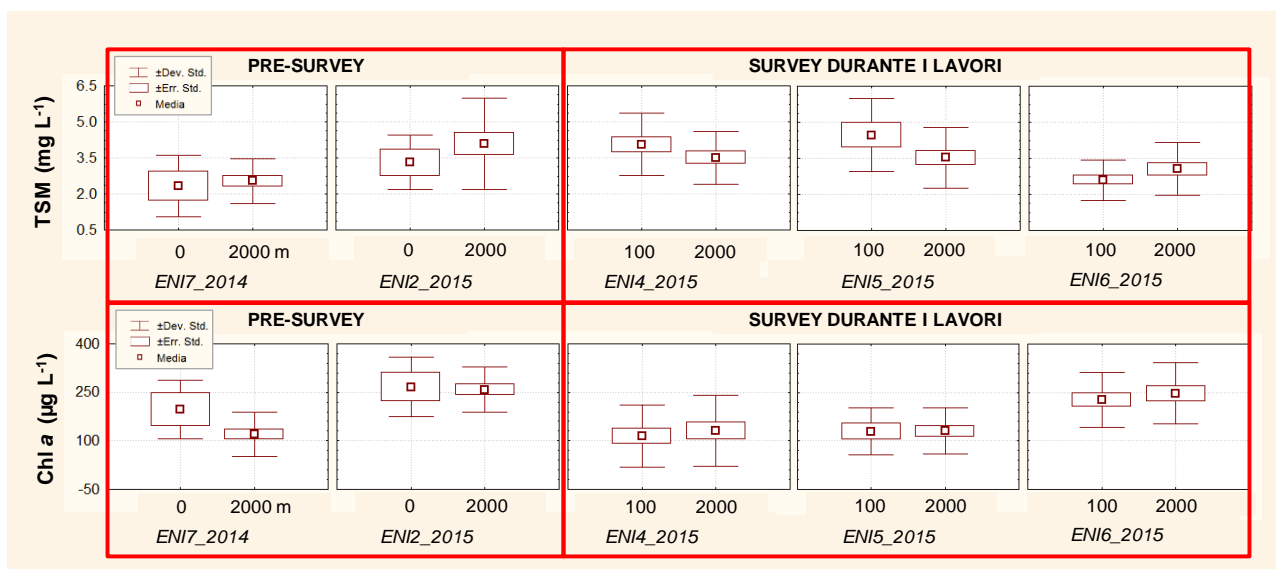


**Fig. 3.22** - Box-plot della concentrazione di ammoniaca ( $NH_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e nitrati ( $NO_3$ ) nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. BO0, BO1, BO2, BO3, BO4) e nelle stazioni a 2000 m (staz. BO5, BO6, BO7, BO8), nelle campagne di pre-survey e nei campionamenti effettuati durante i lavori di installazione. \*\*: differenze significative a livello  $p < 0,01$ . Analisi statistica e grafico realizzati con il software STATISTICA.





**Fig. 3.23** - Box-plot della concentrazione di ortofosfati ( $PO_4$ ) e ortosilicati ( $Si(OH)_4$ ) nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. BO0, BO1, BO2, BO3, BO4) e in quelle a 2000 m (staz. BO5, BO6, BO7, BO8), nelle campagne di pre-survey e nei survey effettuati durante i lavori di installazione.. \*\* : differenze significative a livello  $p < 0,01$ . Analisi statistica e grafico realizzati con il software STATISTICA.

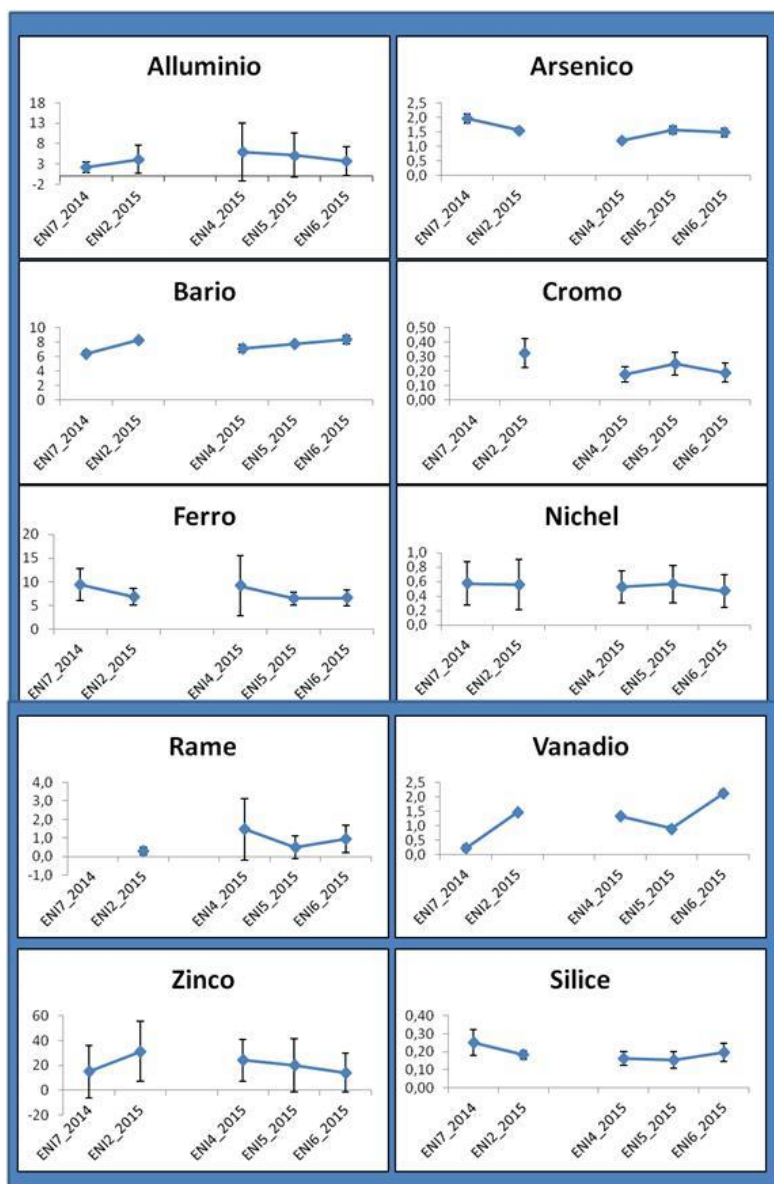


**Fig. 3.24** - Box-plot delle concentrazioni di materiale sospeso (TSM) e di clorofilla  $a$  (Chl  $a$ ) nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. BO0, BO1, BO2, BO3, BO4) e in quelle a 2000 m (staz. BO5, BO6, BO7, BO8), nelle campagne di pre-survey e nei monitoraggi effettuati durante i lavori di installazione. Le differenze fra i gruppi di stazioni non sono mai significative; analisi statistica e grafico realizzati con il software STATISTICA.

### 3.1.7.2 Metalli e inquinanti organici

Anche per quanto riguarda gli inquinanti inorganici e organici, le osservazioni effettuate durante i lavori di posa in opera della piattaforma effettuate nel secondo semestre 2015 sono state confrontate con i risultati dei monitoraggi di pre-survey.

Nel dettaglio, in fig. 3.25 sono mostrati i confronti tra le concentrazioni medie (e relative deviazioni standard) delle specie chimiche analizzate nelle varie crociere. Data la scarsità di dati al di sopra del limite di rilevabilità, nessun composto organico è stato incluso in questa analisi. Dal confronto non si evidenziano differenze significative tra i due periodi analizzati. In generale, a fronte di una notevole variabilità di alcune delle specie considerate (es. alluminio, ferro, zinco, rame), i valori medi si attestano su valori relativamente costanti. Inoltre, nessuno degli elementi analizzati evidenzia particolari trend, né spaziali né temporali.



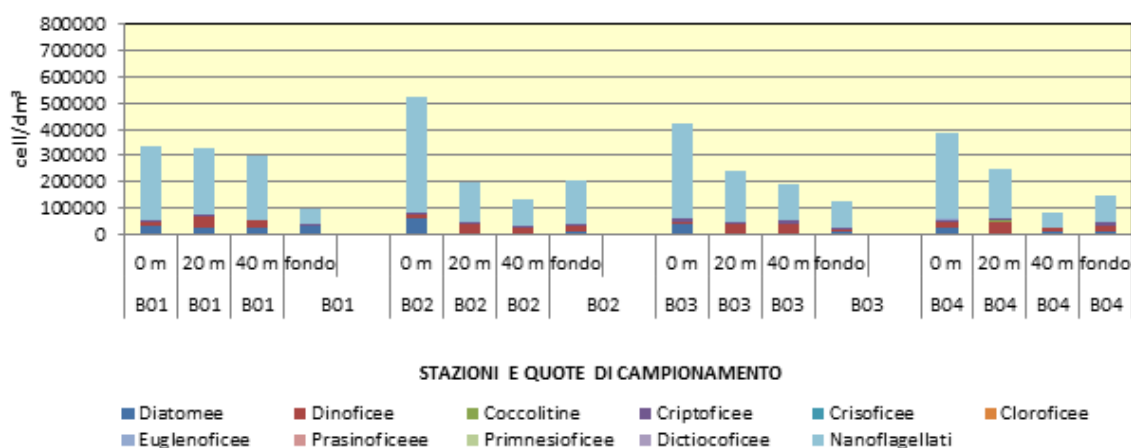
**Fig. 3.25** - Andamenti delle concentrazioni medie ( $\pm$  dev. st.) di alluminio, arsenico, bario, cromo ferro, nichel, rame, vanadio, zinco e silice nelle campagne di pre-survey e nei monitoraggi effettuati durante i lavori di installazione; statistica realizzata con il software STATISTICA.

### 3.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE

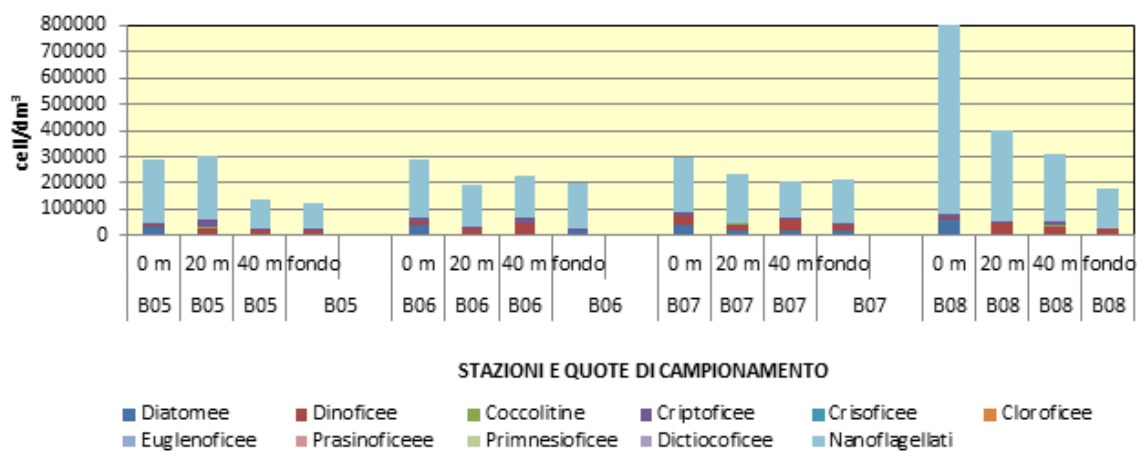
#### 3.2.1. COMUNITÀ FITOPLANCTONICHE

Nel campionamento effettuato a **luglio 2015** sono stati identificati complessivamente 81 taxa, appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Diatomee (41), Dinoflagellate (27), Coccolitine (5), Criptoficee (4), Crisoficee (1), Euglenoficee (1), Nanoflagellati (2). Con il termine Nanoflagellati viene indicato il gruppo che include le forme sferiche di dimensioni ridotte (circa 5  $\mu\text{m}$ ) dotate di flagello, appartenenti a classi diverse, che a causa delle ridotte dimensioni, non possono essere determinate a livello di specie.

Le abbondanze fitoplanctoniche sono variate da un minimo di 83.714 cell/dm<sup>3</sup> (st. BO4 a 40m) ad un massimo di 819.385 cell/dm<sup>3</sup> (st. BO8 in superficie) e hanno mostrato un andamento lungo la colonna caratterizzato da picchi di abbondanza tra la superficie e la quota di 20 m e da valori minimi al fondo (tra 80 m e 85 m; figg 3.26 e 3.27).

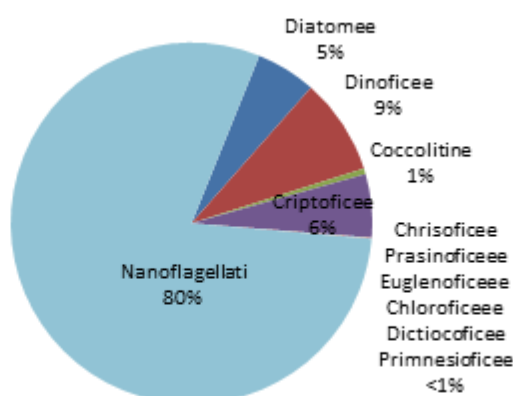


**Fig. 3.26 - Luglio 2015.** Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **100 m** dalla piattaforma in costruzione.



**Fig. 3.27 - Luglio 2015.** Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **2000 m** dalla piattaforma in costruzione.

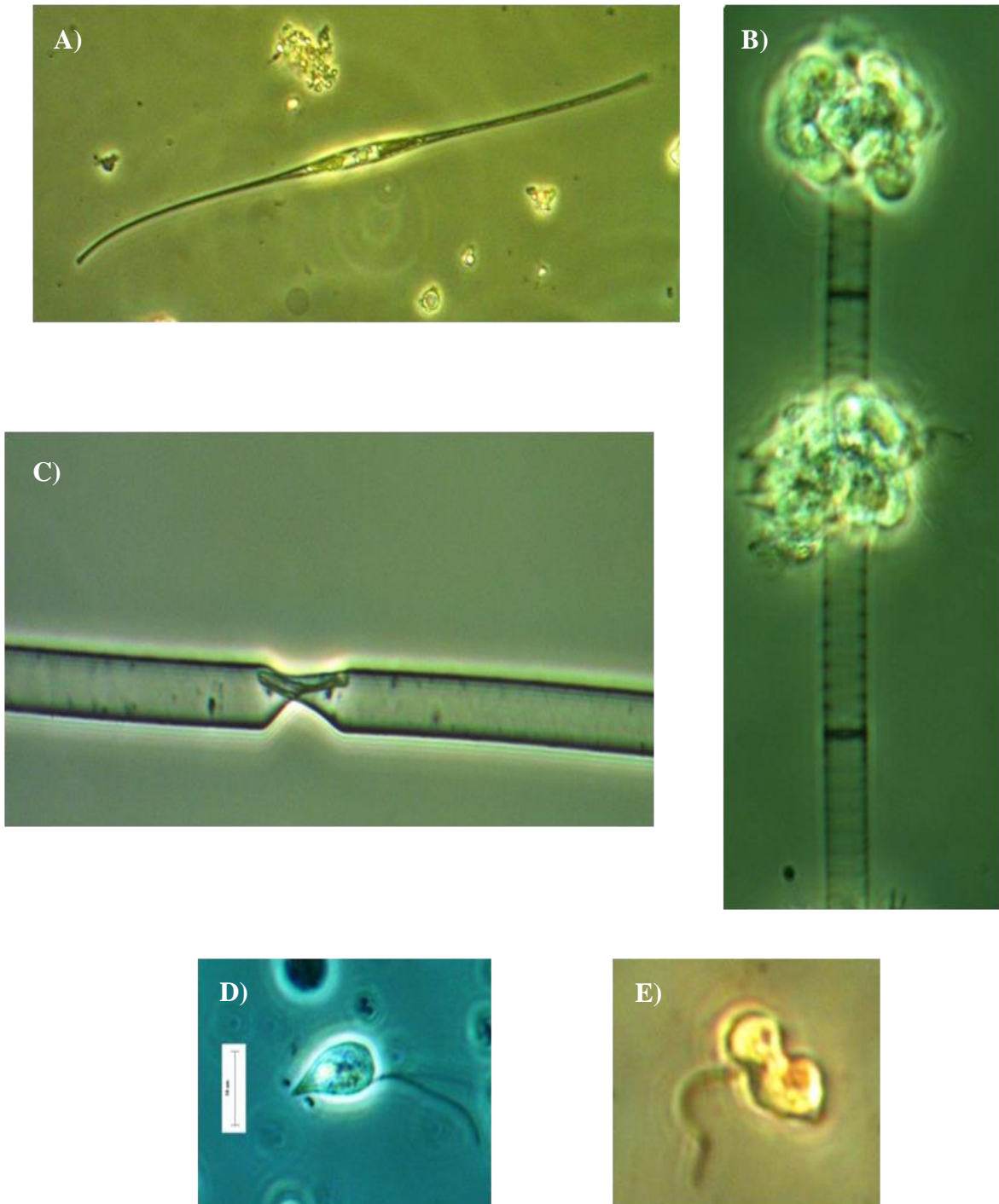
Le abbondanze totali medie sono state di  $248.243 \pm 126.006$  cell/dm<sup>3</sup> nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma e di  $276.849 \pm 161.283$  cell/dm<sup>3</sup> per le stazioni posizionate a 2000 m. L'analisi della varianza non ha evidenziato differenze significative tra i due gruppi di siti. Complessivamente le forme flagellate hanno prevalso in abbondanza, con un contributo medio dei Nanoflagellati indeterminati dell'80% (fig. 3.28). In misura notevolmente inferiore hanno contribuito le Dinoficee (9%), le Criptoficee (6%) e le Diatomee (5%). Altri taxa come le Coccolitoforidee hanno influito poco sulle abbondanze totali (contributo medio dell'1%). Per gli altri taxa il contributo è stato <1%.



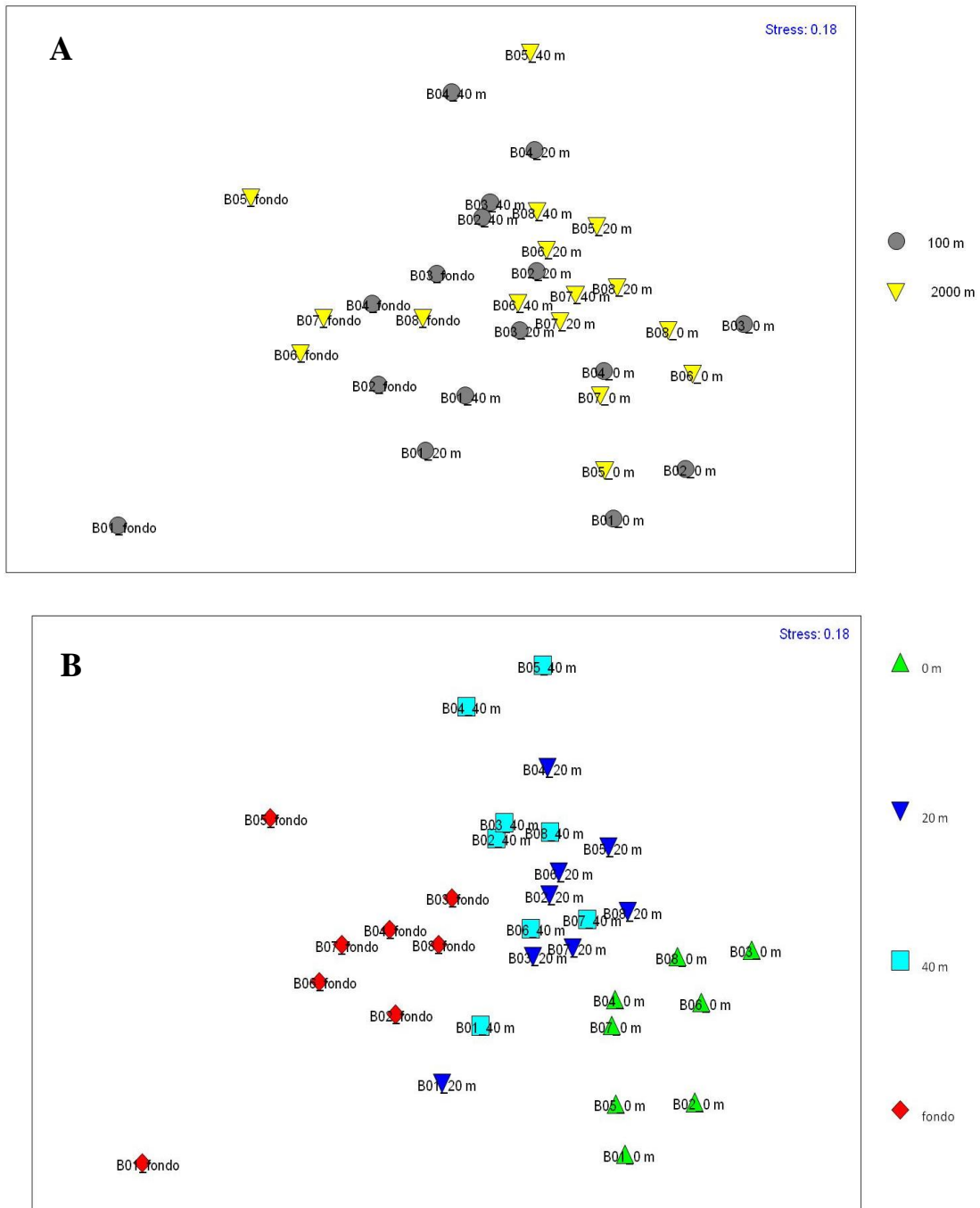
**Fig. 3.28 - Luglio 2015.** Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton.

Le specie che hanno maggiormente caratterizzato i popolamenti fitoplanctonici (fig. 3.29) sono state, tra le forme flagellate *Leucocryptos marina* (Criptoficee) e *Gyrodinium flagellare* (Dinoflagellate), tra le Diatomee *Leptocylindrus mediterraneus* e *Proboscia alata*. Tali specie sono risultate più abbondanti tra la superficie e le quote di 20 m e 40 m, meno abbondanti alle quote di fondo. Al fondo il contributo relativo delle Diatomee è stato maggiore per la presenza di diatomee bentoniche risospese come *Cylindrotheca closterium*, *Navicula* sp., *Psammodyctyon panduriforme* e *Diploneis crabro*.

L'MDS non ha evidenziato una distribuzione dei campioni dovuta al posizionamento delle stazioni rispetto all'area di installazione della piattaforma, bensì una distribuzione dei campioni dovuta alle quote di campionamento: i tre raggruppamenti relativi rispettivamente alle stazioni di superficie, alle stazioni di fondo, e alle quote intermedie (20 m e 40 m), appaiono ben distinti tra loro (fig. 3.30).



**Fig. 3.29** - **Luglio 2015.** Specie principali rinvenute. A) *Cylindrotheca closterium*; B) *Leptocylindrus mediterraneus*; C) *Proboscia alata*; D) *Leucocryptos marina*; E) *Gyrodinium flagellare*.

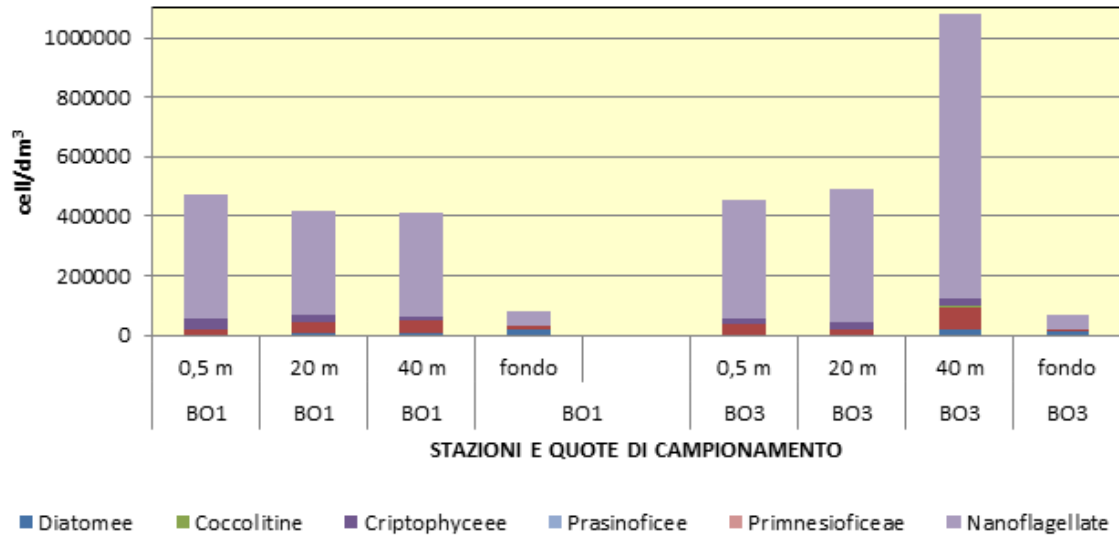


**Fig. 3.30 - Luglio 2015.** Ordinamento dei campioni di fitoplancton effettuato in base alla composizione in specie e alle abbondanze relative in base alla distanza dalla piattaforma (A) e alla quota di campionamento (B).

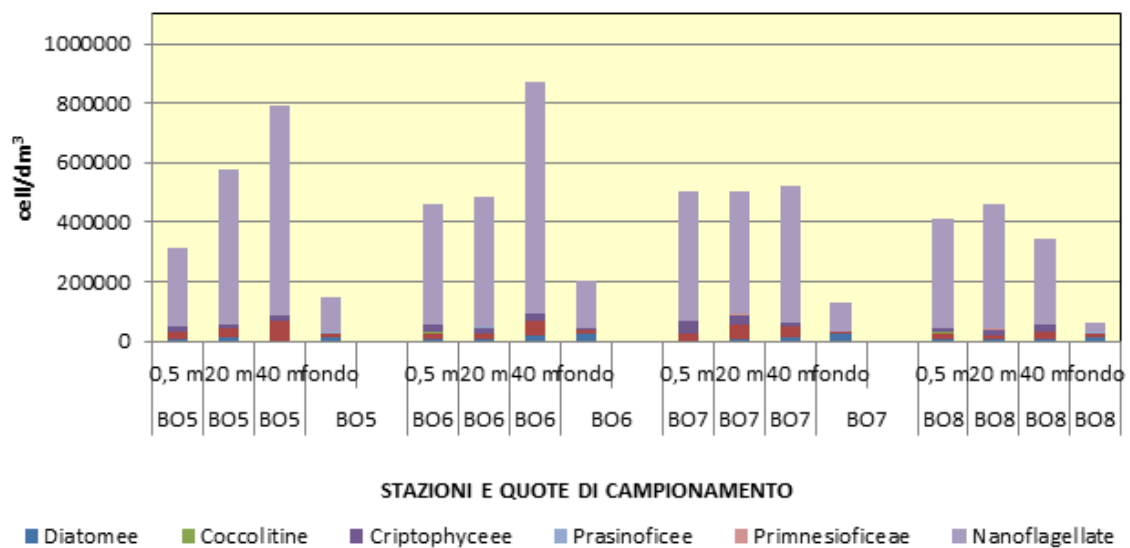
Nel **settembre 2015** complessivamente sono stati identificati 53 taxa appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Diatomee (22), Dinoflagellate (16), Coccolitine (4), Criptoficee (6), Primnesioficee (1), Prasinoficee (1), Nanoflagellati (3).

Le abbondanze fitoplanctoniche sono variate da un minimo di 62.375 cell/dm<sup>3</sup> (st. BO8 al fondo) a un massimo di 1.078.142 cell/dm<sup>3</sup> (st. BO3 a 40 m), con un andamento caratterizzato da picchi tra le quote di 20 m e 40 m (figg. 3.31 e 3.32).

Le abbondanze fitoplanctoniche totali medie relative ai siti posti a 100 m dalla piattaforma) sono state di  $474.177 \pm 311.904 \text{ cell/dm}^3$  mentre quelle relative alle stazioni più lontane di  $424.168 \pm 223.294 \text{ cell/dm}^3$ , senza differenze significative tra i due gruppi di stazioni.

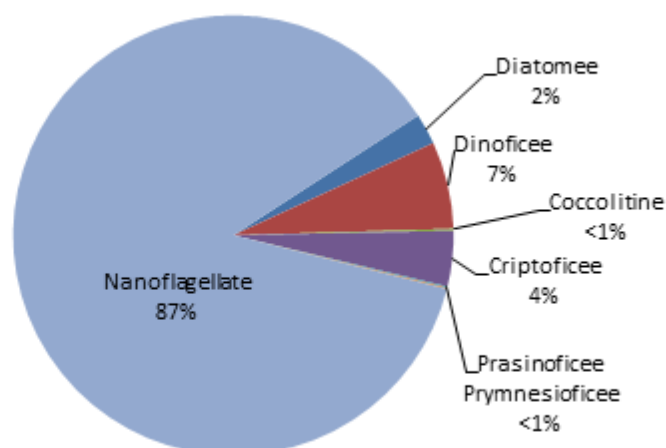


**Fig. 3.31 - Settembre 2015.** Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a 100 m dalla piattaforma in costruzione.



**Fig. 3.32 - Settembre 2015.** Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a 2000 m dalla piattaforma in costruzione.

Anche in questo campionamento le forme flagellate hanno prevalso in abbondanza (fig. 3.33), con un contributo medio dei Nanoflagellati indeterminati dell'87%. In misura minore hanno contribuito le Dinoficee (7%), le Criptoficee (4%), e le Diatomee (2%). Altri taxa, come le Coccolitine o le Prasinoficee, hanno influito poco sulle abbondanze totali (< 1%).



**Fig. 3.33 - Settembre 2015.** Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton.

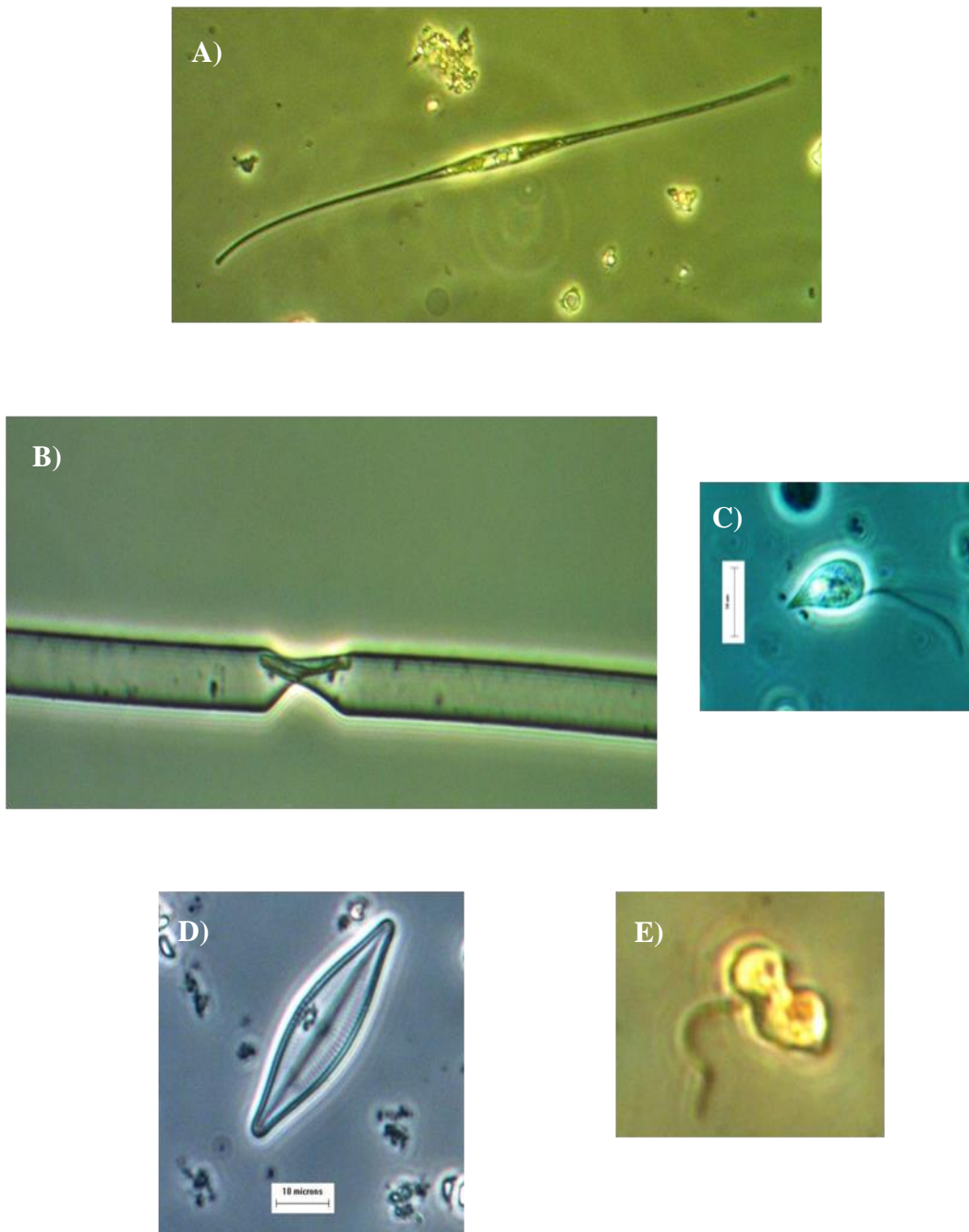
Le specie che hanno maggiormente caratterizzato i popolamenti fitoplanctonici sono state, tra le forme flagellate Criptoficee e *G. flagellare* (Dinoficee), tra le Diatomee *P. alata* (fig. 3.34). Tali specie sono risultate più abbondanti tra la superficie e la quota di 40 m, meno abbondanti alle quote di fondo. Al fondo il contributo relativo delle diatomee è aumentato fino a raggiungere valori superiori del 20% per la presenza di specie bentoniche risospese dal fondo (*C. closterium*, *Navicula* sp., *P. panduriforme* e *D. crabro*).

L'ordinamento dei campioni in base alla loro composizione di specie e alle loro abbondanze (fig. 3.35) non ha evidenziato alcuna distribuzione spaziale legata alla distanza delle stazioni rispetto all'area di costruzione della piattaforma, bensì in base alla quota di campionamento dei campioni stessi: il raggruppamento comprendente le stazioni di superficie e le quote intermedie (20 m e 40 m) mentre i campioni di fondo appaiono ben distinti tra loro.

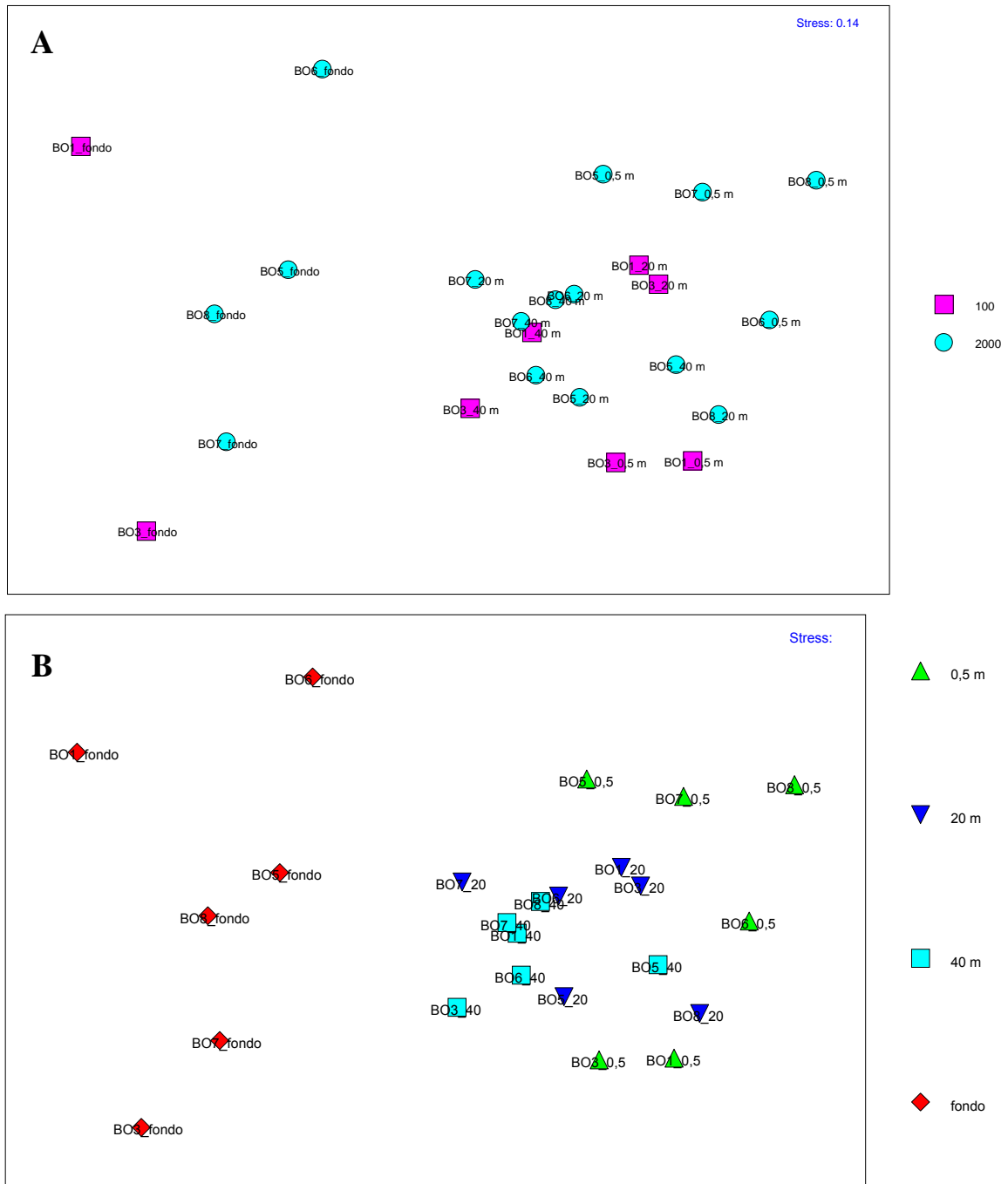
Nella campagna di rilevamento condotta a **novembre 2015** complessivamente sono stati identificati 84 taxa appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Diatomee (44), Dinoflagellate (21), Coccolitine (1), Criptoficee (4), Primmnesioficee (3), Prasinoficee (1), Rafidoficee (1), Dictiocoficee (1), Prasinoficee (3) Incertae sedis (1), Crisoficee (2) Nanoflagellati (3). Le abbondanze fitoplanctoniche sono variate da un minimo di 72.233 cell/dm<sup>3</sup> (st. BO6 al fondo, 83 m) a un massimo di 1.078.142 cell/dm<sup>3</sup> (st. BO3 in superficie (figg. 3.36 e 3.37).

Le abbondanze totali medie sono state di 538.311 ±324.694 cell/dm<sup>3</sup> per le stazioni a 100 m e di 459.303±263.575 cell/dm<sup>3</sup> per le stazioni posizionate a 2000 m, senza differenze statistiche tra i due gruppi di stazioni.

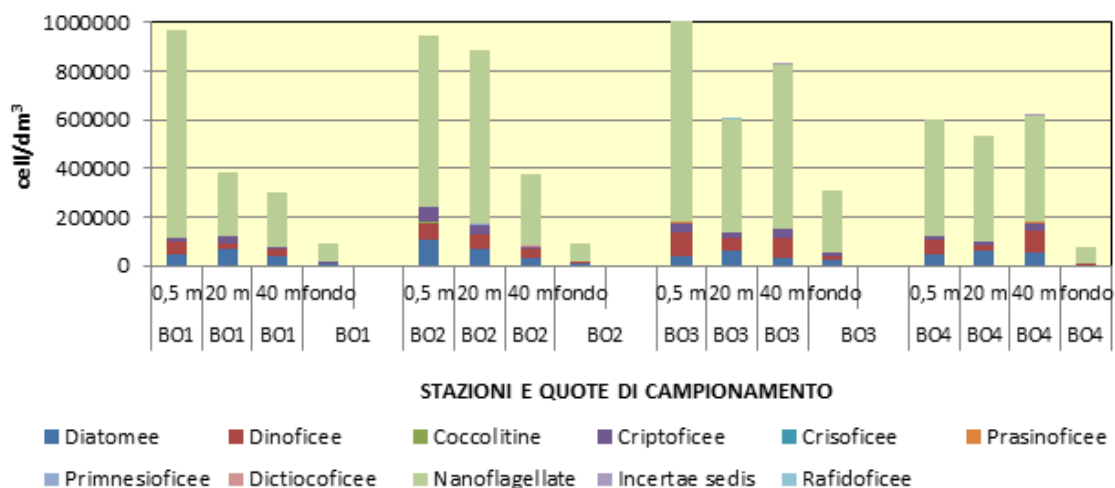




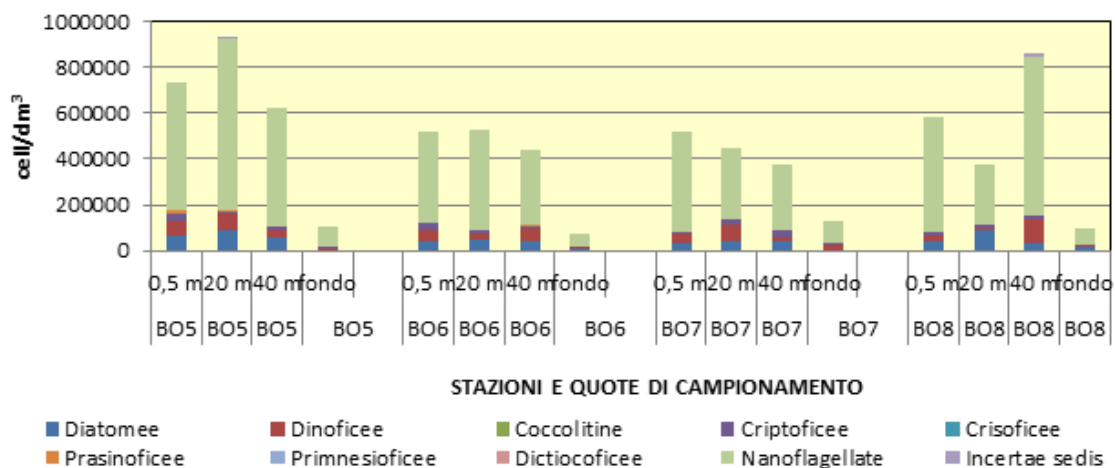
**Fig. 3.34 - Settembre 2015.** Specie principali rinvenute. A) *Cylindrotheca closterium*; B) *Proboscia alata*; C) *Leucocryptos marina*; S) *Navicula* sp. E) *Gyrodinium flagellare*.



**Fig. 3.35 - Settembre 2015.** Ordinamento dei campioni di fitoplancton effettuato in base alla composizione in specie e alle abbondanze relative in base alla distanza dalla piattaforma (A) e alla quota di campionamento (B).



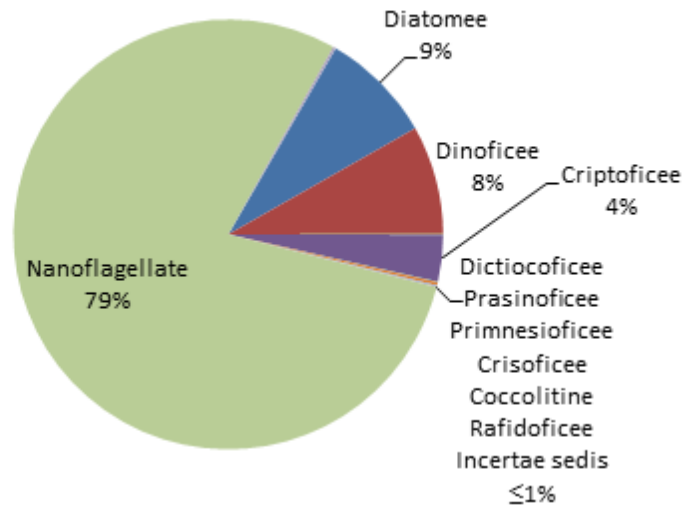
**Fig. 3.36 - Novembre 2015.** Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **100 m** dalla piattaforma in costruzione.



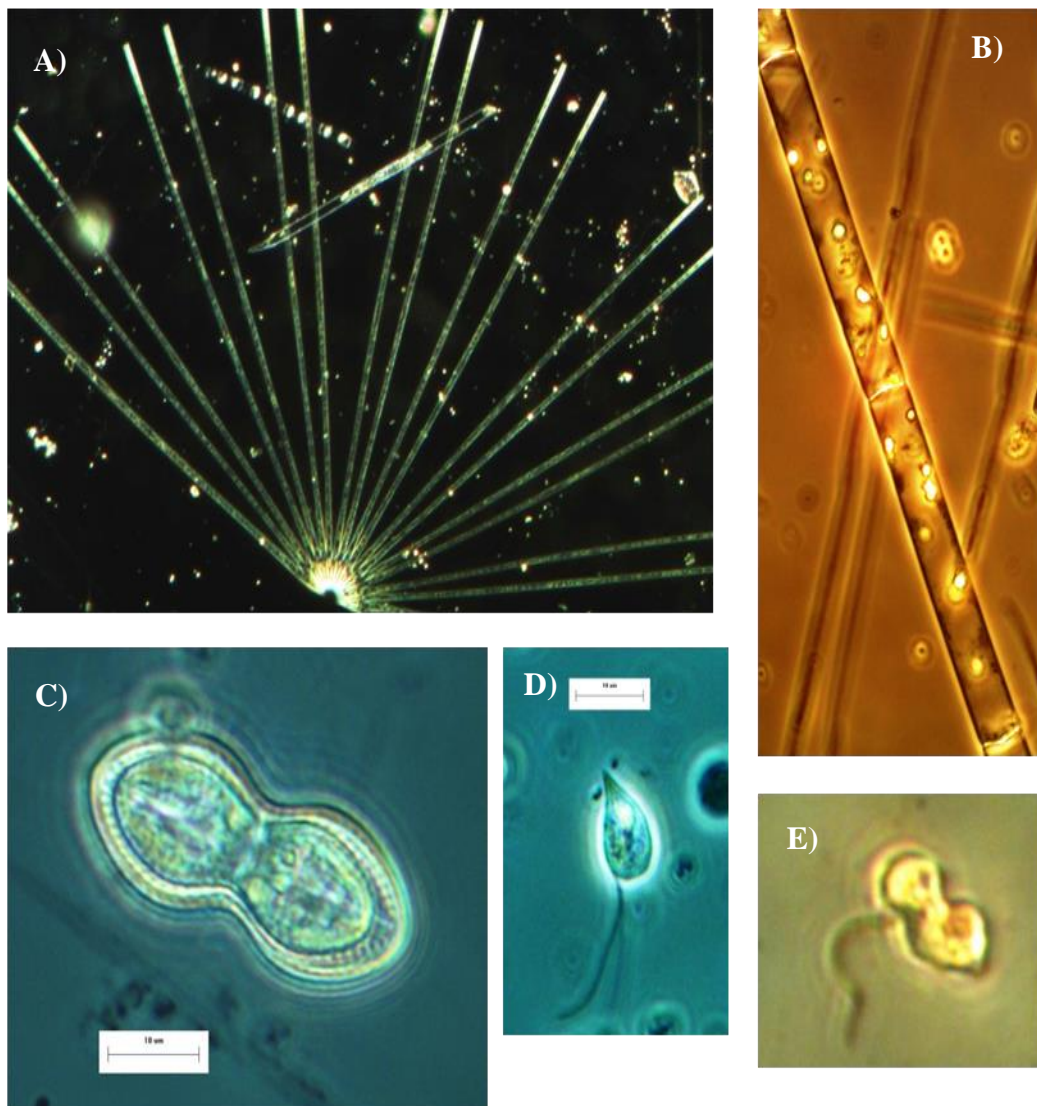
**Fig. 3.37 - Novembre 2015.** Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **2000 m** dalla piattaforma in costruzione.

Analogamente a quanto rilevato nei survey precedenti, anche in questo caso hanno prevalso le forme flagellate, con un contributo medio delle abbondanze dei Nanoflagellati indeterminati del 79% (fig. 3.38). In misura inferiore hanno contribuito le Diatomee (9%), le Dinoficee (8%) e le Criptoficee (4%). Altri taxa come le Coccolitine, le Prasinoficee o le Primnesioficee hanno raggiunto contributi  $\leq 1\%$ .

Le specie che hanno maggiormente caratterizzato i popolamenti fitoplanctonici (fig. 3.39) sono state, tra le forme flagellate Criptoficee e *G. flagellare* (Dinoflagellate), tra le Diatomee *Lioloma pacificum* e *Leptocylindrus danicus*. Tali specie sono risultate più abbondanti tra la superficie e la quota di 40 m, meno abbondanti alle quote di fondo. Al fondo è risultata più abbondante la diatomea bentonica *D. crabro*.

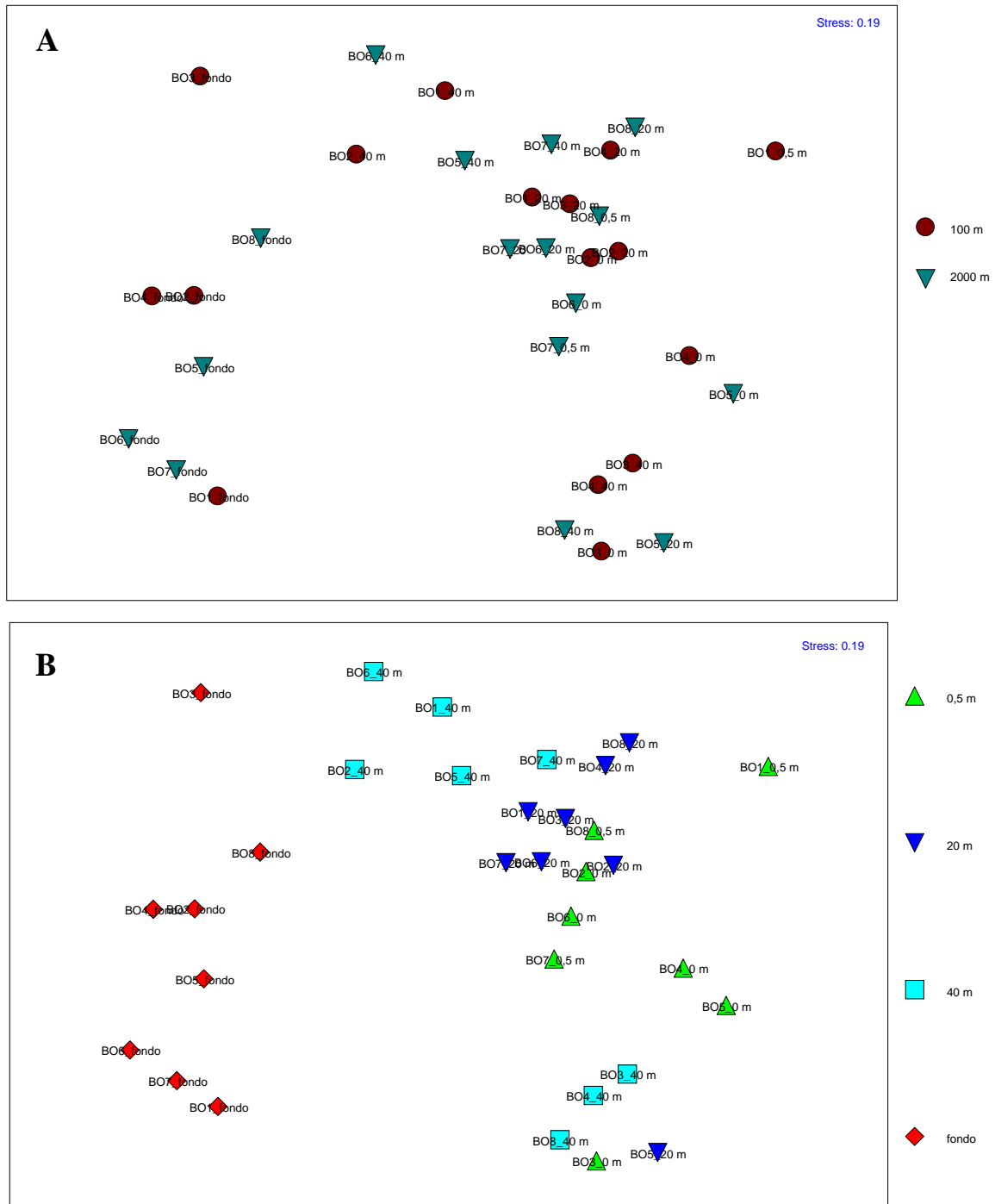


**Fig. 3.38 - Novembre 2015.** Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton.



**Fig. 3.39 - Novembre 2015.** Specie principali rinvenute. A) *Lioloma pacificum*; B) *Leptocylindrus danicus*; C) *Diploneis crabro*; D) *Leucocryptos marina*; E) *Gyrodinium flagellare*.

L'MDS (fig. 3.40) non ha evidenziato alcuna distribuzione spaziale dei campioni dovuta al posizionamento delle stazioni rispetto all'area di costruzione della piattaforma, bensì in base alla quota di campionamento: il raggruppamento comprendente i campioni superficiali e quelli prelevati alle quote intermedie (20 m e 40 m) appare ben distinto da quello che include i campioni di fondo.



**Fig. 3.40 - Novembre 2015.** Ordinamento dei campioni di fitoplancton effettuato in base alla composizione in specie e alle abbondanze relative in base alla distanza dalla piattaforma (A) e alla quota di campionamento (B).

### **3.2.1.1 Confronto fra i monitoraggi effettuati nei pre-survey e durante i lavori di posa in opera**

Con lo scopo di verificare se i lavori di installazione avessero influenzato le abbondanze e la composizione specifica del fitoplancton nell'area di installazione della piattaforma stessa, è stato fatto un confronto tra i popolamenti fitoplanctonici relativi ai campionamenti di dicembre 2014 e marzo 2015 effettuati entrambi prima dell'inizio dei lavori di installazione della piattaforma (pre-survey) e i popolamenti fitoplanctonici relativi ai campionamenti condotti a luglio, settembre e novembre 2015 (durante lavori di installazione di Bonaccia NW).

Per ridurre la variabilità complessiva dei 124 campioni in esame, e appurata la differenziazione dei campioni lungo la colonna d'acqua in tutte le campagne analizzate (figg. 3.30, 3.35 e 3.40), per ogni stazione relativa ad ogni campagna di rilevamento i valori di abbondanza delle 4 quote sono stati mediati, ottenendo così una matrice di dati di 31 campioni.

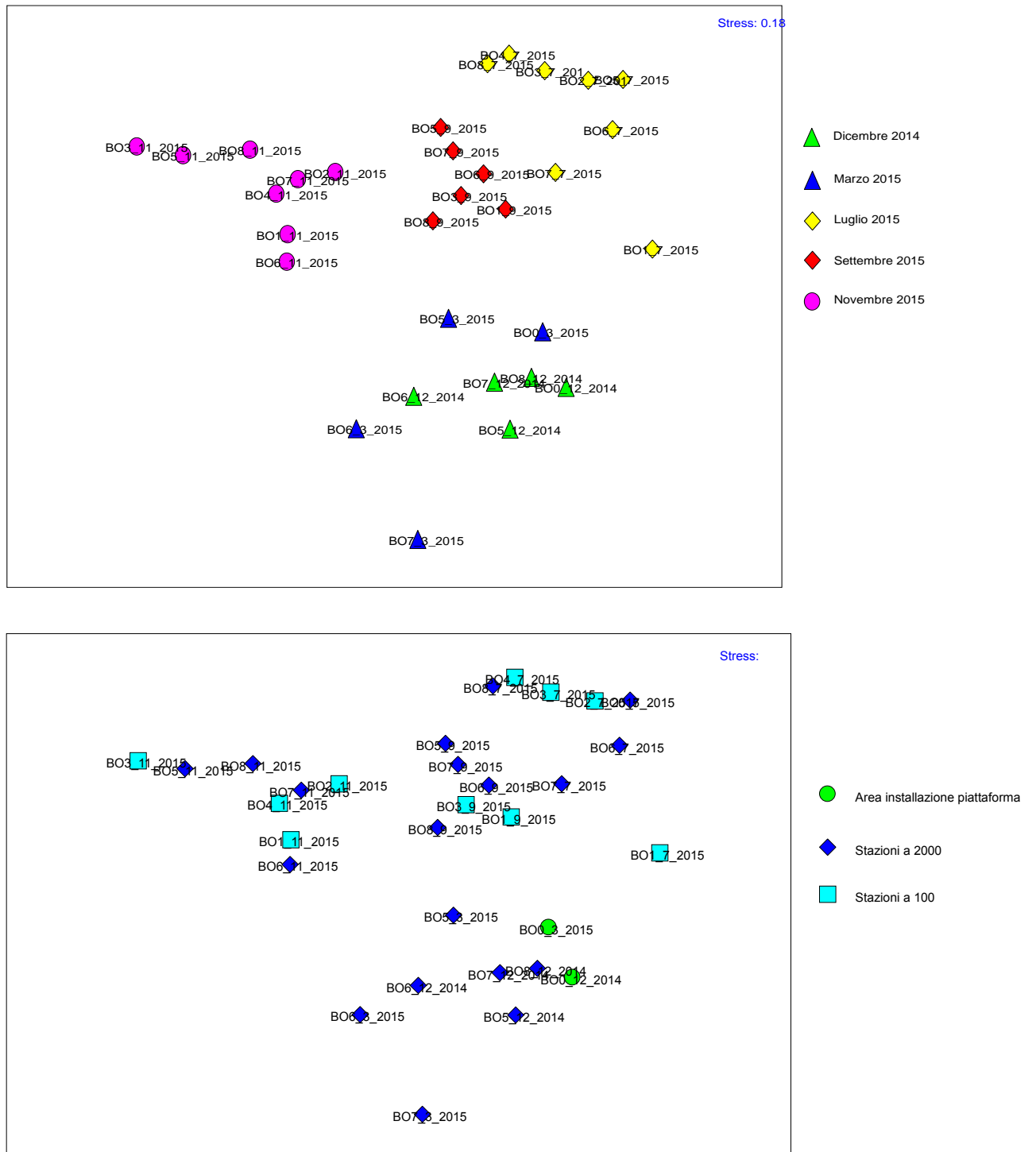
L'analisi dei risultati dei campioni è stata effettuata mediante un ordinamento degli stessi in base alla loro composizione specie specifica e alle loro abbondanze, come già effettuato per le singole campagne di rilevamento e misura.

L'ordinamento risultante ha messo in evidenza un raggruppamento dei campioni dovuto principalmente alla stagionalità (fig. 3.41): ciò significa che i popolamenti fitoplanctonici sono variati significativamente di mese in mese o di stagione in stagione sia in abbondanza totale che in composizione e abbondanza relativa delle singole specie. I campioni relativi al campionamento di dicembre 2014 e marzo 2015 sono rappresentativi della stagione invernale, i campioni di luglio e settembre 2015, della stagione estiva, il campionamento di novembre 2015 della stagione autunnale.

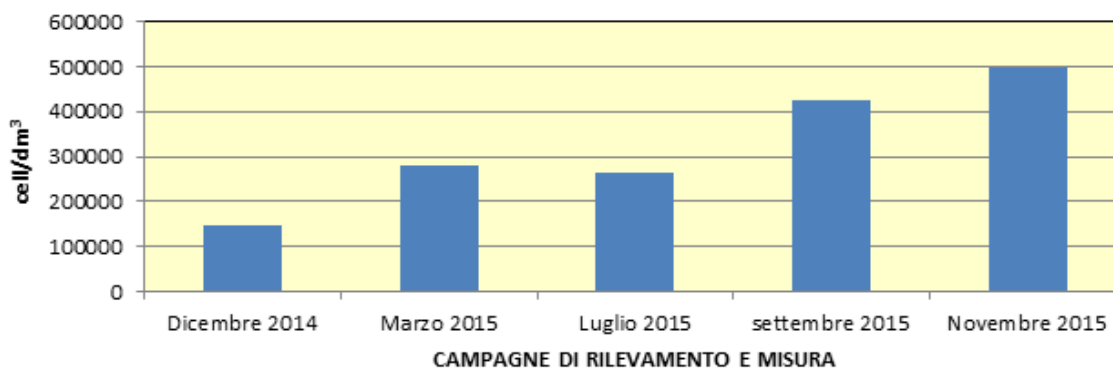
Anche considerando i campioni in base alla distanza delle stazioni dall'area di installazione della piattaforma si può notare come tutte le stazioni campionate durante la fase di pre-survey (dicembre 2014 e marzo 2015, campioni a 2000 m o coincidenti con l'area di installazione) siano raggruppate tra loro e si differenzino chiaramente dai campioni relativi ai periodi successivi (luglio, settembre e novembre 2015).

Pertanto, sebbene i campioni sembrino differenziarsi nettamente in due raggruppamenti distinti in base alle due fasi di installazione della piattaforma stessa, tale suddivisione così netta non è dovuta all'impatto dei lavori di installazione, bensì all'alternarsi stagionale delle diverse specie fitoplanctoniche. Nel periodo di indagine le abbondanze

fitoplanctoniche totali sono mediamente aumentate da maggio 2014 a novembre 2015 (fig. 3.42).



**Fig. 3.41** - Ordinamento dei campioni di fitoplancton effettuato in base alla composizione in specie e alle abbondanze relative in base alla distanza dalla piattaforma (A) e alla quota di campionamento (B). Dicembre 2014 e marzo 2015 = fase di pre-survey; luglio, settembre e novembre 2015 = durante i lavori di installazione di Bonaccia NW.

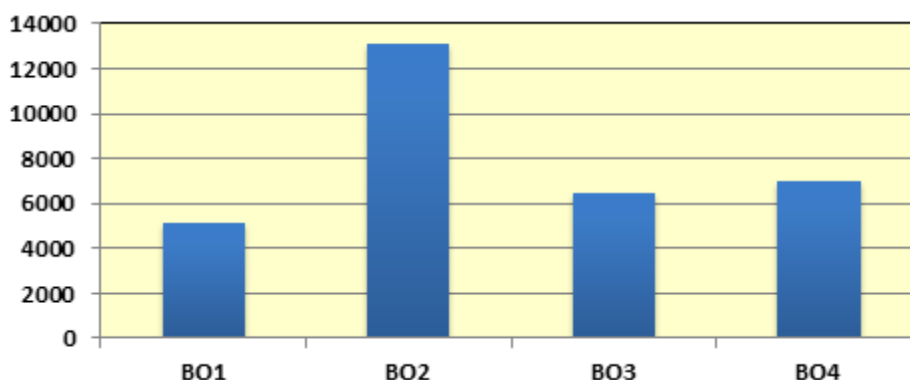


**Fig. 3.42** - Abbondanze fitoplanctoniche medie nelle diverse campagne di rilevamento. Dicembre 2014 e marzo 2015 = fase di pre-survey; luglio, settembre e novembre 2015 = durante i lavori di installazione di Bonaccia NW.

### 3.2.2. COMUNITÀ ZOOPLANCTONICHE

Nel **luglio 2015** in tutte le stazioni monitorate è stata rinvenuta un'abbondanza media conforme alla media del periodo per queste acque ( $6.798 \pm 2.639$  ind/m<sup>3</sup>). Il massimo è stato registrato stazione BO2 (13.076 ind/m<sup>3</sup>; fig. 3.43) e il minimo in BO7 (4.862 ind/m<sup>3</sup>; fig. 3.44).

Pochi sono stati i taxa che hanno caratterizzato i popolamenti zooplanctonici estivi (Tabb. 3-VIII e 3-IX). In tutte le otto stazioni hanno dominato i Cladoceri e i Copepodi (con percentuali pari a circa il 30% rispetto al totale della comunità) e individui appartenenti all'ordine Doliolida e alla classe Appendicularia (26% e 5% rispettivamente; fig. 3.45).



**Fig. 3.43** - **Luglio 2015**. Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m<sup>3</sup> rinvenute nelle stazioni poste a **100 m** dalla piattaforma in costruzione.



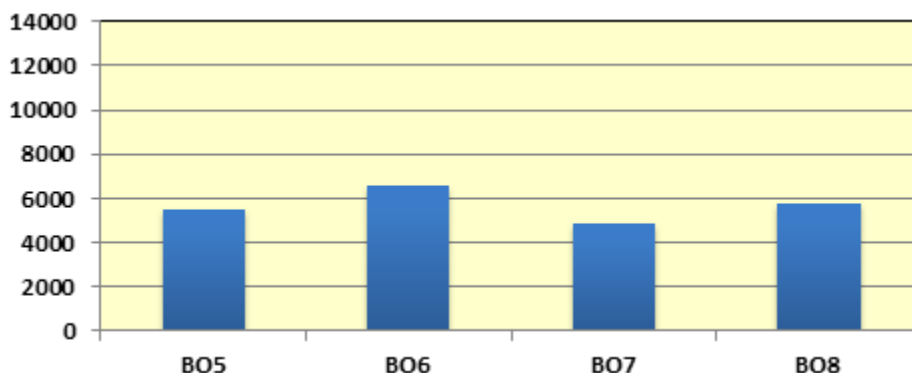


Fig. 3.44 - Luglio 2015. Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m<sup>3</sup> rinvenute nelle stazioni poste a 2000 m dalla piattaforma in costruzione.

Tab. 3-VIII - Lista dei taxa zooplanctonici con relative abbondanze (n. ind/m<sup>3</sup>) e percentuali rinvenuti nel luglio 2015.

	BO1		BO2		BO3		BO4		BO5		BO6		BO7		BO8	
	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%
Copepodi	1424,47	27,71	4141,18	31,67	1936,97	30,11	1750,72	24,98	1387,50	25,10	3156,10	48,25	1265,81	26,04	1744,00	30,09
Cladoceri	1874,54	36,46	4779,08	36,55	2004,85	31,16	2546,09	36,33	1777,08	32,15	1520,99	23,25	1762,52	36,25	1773,33	30,60
Amphipoda ind.			5,23	0,04				0,23	0,00							
Appendicularia ind.	306,05	5,95	669,28	5,12	332,12	5,16	329,28	4,70	264,58	4,79	215,09	3,29	247,21	5,08	274,67	4,74
Bivalvia larve ind.	29,25	0,57	57,52	0,44	55,76	0,87	25,51	0,36	31,25	0,57	15,36	0,23	22,89	0,47	18,67	0,32
Chetognata ind.	18,00	0,35	47,06	0,36	19,39	0,30	25,51	0,36	33,33	0,60	26,34	0,40	20,60	0,42	10,67	0,18
Decapoda larve ind.	2,25	0,04	10,46	0,08	1,94	0,03	6,96	0,10	4,17	0,08	2,19	0,03	2,29	0,05	0,00	0,00
Doliolida ind.	1269,20	24,69	2844,44	21,75	1755,15	27,28	2026,67	28,92	1806,25	32,68	1387,11	21,21	1302,43	26,79	1741,33	30,05
Echinodermata larve ind.	33,76	0,66	146,41	1,12	89,70	1,39	95,07	1,36	62,50	1,13	87,79	1,34	82,40	1,69	93,33	1,61
Gastropoda larve ind.	13,50	0,26	31,37	0,24	24,24	0,38	20,87	0,30	12,50	0,23	10,97	0,17	27,47	0,56	13,33	0,23
Hydrozoa spp.	11,25	0,22	26,14	0,20	16,97	0,26	11,59	0,17	2,08	0,04	10,97	0,17	6,87	0,14	21,33	0,37
Ostracoda ind.	2,25	0,04	10,46	0,08	7,27	0,11	2,32	0,03	0,63	0,01	2,19	0,03	6,87	0,14	2,67	0,05
Phoronida larve ind.			5,23	0,04	0,24	0,00	0,70	0,01	2,08	0,04			2,29	0,05	2,67	0,05
Polychaeta ind.			2,09	0,02	0,24	0,00			0,83	0,02	0,22	0,00	0,23	0,00	0,27	0,00
Polychaeta larve ind.	9,00	0,18	26,14	0,20	26,67	0,41	4,64	0,07	10,42	0,19	4,39	0,07	18,31	0,38	16,00	0,28
Pteropoda ind.	6,75	0,13			26,67	0,41	16,23	0,23	10,42	0,19	4,39	0,07	9,16	0,19	5,33	0,09
Siphonophorae indet.	121,52	2,36	250,98	1,92	126,06	1,96	120,58	1,72	112,50	2,04	94,38	1,44	77,83	1,60	74,67	1,29
Pisces larve	15,75	0,31	10,46	0,08	5,33	0,08	20,87	0,30	2,50	0,05	2,19	0,03	4,58	0,09	2,13	0,04
Pisces uova	3,60	0,07	1,57	0,01	1,21	0,02	1,62	0,02	0,83	0,02			0,69	0,01		
Uova Engraulis encrasicolus			10,46	0,08	2,42	0,04	2,32	0,03	6,25	0,11	0,44	0,01	0,92	0,02	1,33	0,02
<b>Totale</b>	<b>5141,15</b>	<b>100</b>	<b>13075,56</b>	<b>100</b>	<b>6433,21</b>	<b>100</b>	<b>7007,77</b>	<b>100</b>	<b>5527,71</b>	<b>100</b>	<b>6541,12</b>	<b>100</b>	<b>4861,34</b>	<b>100</b>	<b>5795,73</b>	<b>100</b>

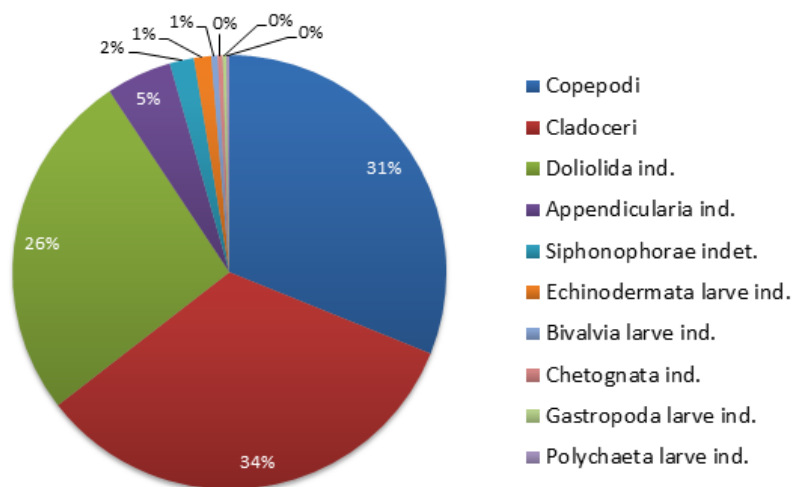


Fig. 3.45 - Luglio 2015. Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici dello zooplancton.

**Tab. 3-IX** - Presenza/assenza dei taxa zooplactonici rinvenuti nel corso dei monitoraggi condotti durante la fase di installazione di Bonaccia NW.

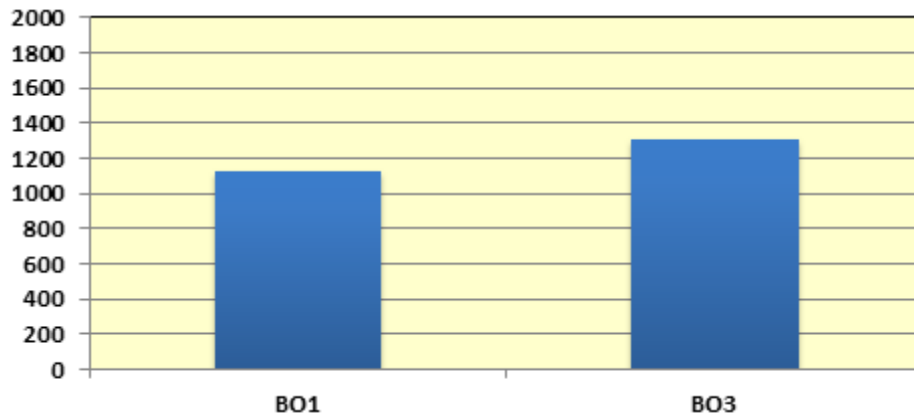
	luglio 2015	settembre 2015	novembre 2015
<b>Copepodi</b>			
<i>Acartia longiremis</i>		*	
<i>Acartia negligens</i>		*	*
<i>Acartia clausi</i>	*	*	
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*
<i>Calocalanus adriaticus</i>			*
<i>Calocalanus contractus</i>	*		
<i>Calocalanus plumulosus</i>			
<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*
<i>Calocalanus</i> spp.			*
<i>Candacia armata</i>			
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>			*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus</i> spp.			
<i>Clytemnestra</i> sp.	*	*	
<i>Clytemnestra rostrata</i>			*
<i>Copilia</i> spp.		*	*
<i>Corycaeus</i> spp.	*	*	*
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*
<i>Diaixis pygmaea</i>	*	*	*
<i>Eucalanus attenuatus</i>			
<i>Euchaeta</i> sp.	*		
<i>Euterpina acutifrons</i>	*		*
<i>Farranula</i> sp.			
<i>Farranula rostrata</i>		*	*
<i>Macrosetella gracilis</i>	*		
<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>			*
<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Oithona setigera</i>	*	*	
<i>Oithona</i> spp.			
<i>Oncaea</i> spp.	*	*	*
<i>Paraeuchaeta hebes</i>	*	*	*
<i>Paracalanus denudatus</i>			*
<i>Paracalanus nanus</i>			*
<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*
<i>Pleuromamma</i> sp.			
<i>Pontella copepodite</i>		*	
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>			*
<i>Sapphirina</i> sp.		*	*
<i>Scolecithrix</i> sp.			
<i>Temora longicornis</i>	*	*	
<i>Temora stylifera</i>	*	*	*

Tab. 3-IX - Continuo.

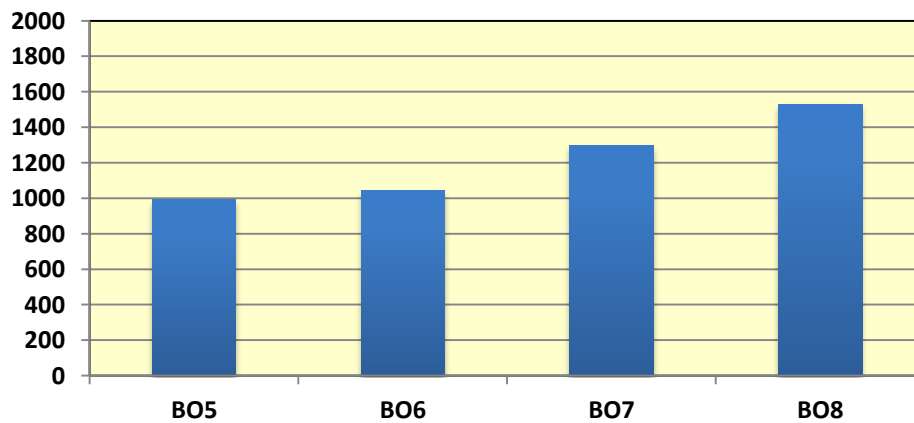
	luglio 2015	settembre 2015	novembre 2015
<b>Cladoceri</b> <i>Evadne spinifera</i>	*	*	*
<i>Evadne tergestina</i>	*	*	*
<i>Evadne nordmanni</i>	*	*	*
<i>Penilia avirostris</i>	*	*	*
<i>Podon</i> sp.	*	*	*
<b>Altri taxa</b> Amphipoda ind.	*	*	*
Appendicularia ind.	*	*	*
Bivalvia larve ind.	*	*	*
Chetognata ind.	*	*	*
Cnidaria ind.		*	
Ctenofora ind.			*
Decapoda ind.	*		*
Decapoda larve ind.	*	*	*
Doliolida ind.	*	*	*
Echinodermata larve ind.	*	*	*
Enteropneusta larve ind.		*	
Eufusiacea ind.	*	*	*
Gastropoda ind.		*	*
Gastropoda larve ind.	*	*	*
Hydrozoa spp.	*	*	*
Isopoda ind.		*	*
Larve ind.		*	
Misidacea ind.		*	*
Ostracoda ind.	*	*	*
Phoronida larve ind.	*	*	*
Polichaeta ind.	*	*	*
Polychaeta larve ind.	*	*	*
Pteropoda ind.	*	*	*
Salpida ind.		*	*
Siphonophorae indet.	*	*	*
Sipuncula larve ind.		*	
Pisces larve	*	*	*
Pisces uova	*	*	*
Uova <i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	

Tra le stazioni poste a 100 m dall'area di installazione della piattaforma e quelle di controllo a 2000 m non sono state osservate differenze significative. Infatti, le abbondanze totali medie sono state rispettivamente pari a  $7.914 \pm 3.528$  ind/m<sup>3</sup> e a  $5.682 \pm 695$  ind/m<sup>3</sup>.

In **settembre 2015** in tutte le stazioni è stata ottenuta un'abbondanza media di  $1216 \pm 199$  ind/m<sup>3</sup>, con minimo e massimo registrati rispettivamente nelle stazioni BO5 ( $992$  ind/m<sup>3</sup>) e BO8 ( $1.526$  ind/m<sup>3</sup>; fig. 3.46 e 3.47).



**Fig. 3.46 - Settembre 2015.** Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m<sup>3</sup> rinvenute nelle stazioni poste a **100 m** dalla piattaforma in costruzione. Si ricorda che in questo survey non è stato possibile campionare i siti BO2 e BO4 per la presenza di mezzi adibiti ai lavori di installazione di Bonaccia NW.

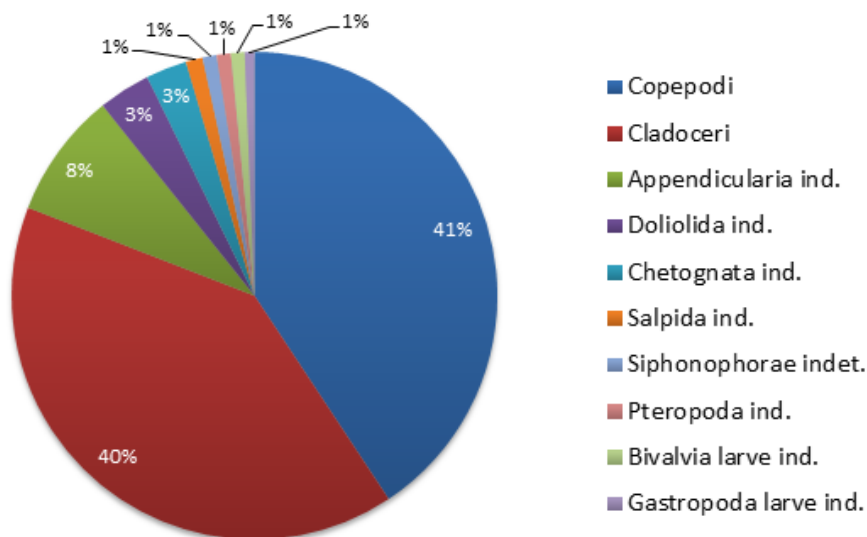


**Fig. 3.47 - Settembre 2015.** Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m<sup>3</sup> rinvenute nelle stazioni poste a **2000 m** dalla piattaforma in costruzione.

Come a luglio, anche a settembre pochi sono stati i taxa che hanno caratterizzato i popolamenti zooplanctonici (Tabb. 3-IX e 3-X). In tutte le stazioni hanno dominato i gruppi dei Cladoceri e dei Copepodi (con percentuali pari a circa il 40% rispetto al totale della comunità; fig. 3.48) e individui appartenenti alla classe Appendicularia (8%).

**Tab. 3-X** - Lista dei taxa zooplanctonici con relative abbondanze (n. ind/m<sup>3</sup>) e percentuali rinvenuti nel **settembre 2015**. Si ricorda che in questo survey non è stato possibile campionare i siti BO2 e BO4 per la presenza di mezzi adibiti ai lavori di installazione di Bonaccia NW.

	BO1		BO3		BO5		BO6		BO7		BO8	
	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%
Copepodi	455,81	40,37	570,05	43,63	384,00	38,71	394,55	37,78	579,76	44,69	548,57	35,94
Cladoceri	476,28	42,18	420,00	32,15	403,11	40,64	427,27	40,92	519,53	40,04	649,62	42,56
Amphipoda ind.	0,37	0,03	0,28	0,02	0,19	0,02	0,18	0,02	0,28	0,02	0,48	0,03
Appendicularia ind.	70,70	6,26	145,12	11,11	65,88	6,64	98,18	9,40	80,94	6,24	142,86	9,36
Bivalvia larve ind.	20,47	1,81	5,58	0,43	7,53	0,76	10,91	1,04	7,53	0,58	13,33	0,87
Chetognata ind.	33,49	2,97	37,21	2,85	35,76	3,61	36,36	3,48	22,59	1,74	30,48	2,00
Cnidaria ind.											0,10	0,01
Decapoda larve ind.	1,30	0,12	5,58	0,43	1,88	0,19	1,82	0,17	1,88	0,15	0,57	0,04
Doliolida ind.	27,91	2,47	52,09	3,99	41,41	4,17	36,36	3,48	35,76	2,76	55,24	3,62
Echinodermata larve ind.	0,09	0,01	3,72	0,28	3,76	0,38	5,45	0,52	0,28	0,02	11,43	0,75
Enteropneusta larve ind.							0,09	0,01				
Eufasiacea ind.											0,10	0,01
Gastropoda ind.	0,28	0,02	0,19	0,01	0,28	0,03	0,36	0,03	0,19	0,01	1,14	0,07
Gastropoda larve ind.	5,58	0,49	11,16	0,85	9,41	0,95	9,09	0,87	3,76	0,29	7,62	0,50
Hydrozoa spp.	0,37	0,03	0,65	0,05	3,76	0,38	0,27	0,03	0,09	0,01	0,67	0,04
Isopoda ind.	0,28	0,02			0,09	0,01	0,09	0,01			0,10	0,01
Larve ind.											0,10	0,01
Misidacea ind.			0,19	0,01					0,19	0,01	0,29	0,02
Ostracoda ind.	1,86	0,16	3,72	0,28	5,65	0,57	3,64	0,35	3,76	0,29	3,81	0,25
Phoronida larve ind.			0,09	0,01	0,19	0,02					1,90	0,12
Polichaeta ind.	0,37	0,03	0,56	0,04			0,09	0,01	0,19	0,01	2,29	0,15
Polychaeta larve ind.	1,86	0,16	1,86	0,14	0,38	0,04	0,45	0,04				
Pteropoda ind.	18,70	1,66	13,02	1,00	5,65	0,57	5,45	0,52	13,18	1,02	11,43	0,75
Salpida ind.	9,30	0,82	20,47	1,57	15,06	1,52	3,64	0,35	13,18	1,02	19,05	1,25
Siphonophorae indet.	3,72	0,33	11,16	0,85	7,53	0,76	9,09	0,87	13,18	1,02	22,86	1,50
Sipuncula larve ind.			1,86	0,14	0,09	0,01	0,09	0,01	0,56	0,04	1,90	0,12
Pisces larve	0,19	0,02	1,86	0,14	0,00	0,00	0,55	0,05	0,38	0,03	0,19	0,01
Pisces uova							0,09	0,01			0,10	0,01
Uova <i>Engraulis encrasicolus</i>	0,19	0,02	0,09	0,01	0,28	0,03	0,18	0,02	0,19	0,01	0,19	0,01
<b>Totale</b>	<b>1129,12</b>	<b>100</b>	<b>1306,51</b>	<b>100</b>	<b>991,91</b>	<b>100</b>	<b>1044,27</b>	<b>100</b>	<b>1297,41</b>	<b>100</b>	<b>1526,38</b>	<b>100</b>

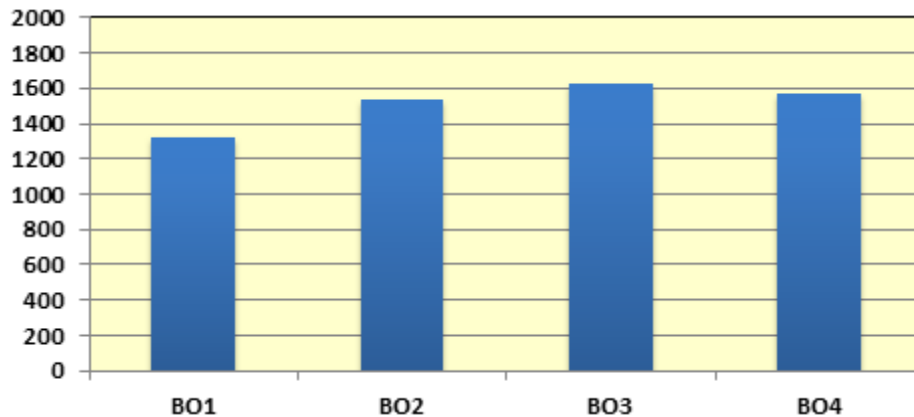


**Fig. 3.48 - Settembre 2015.** Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici dello zooplancton.

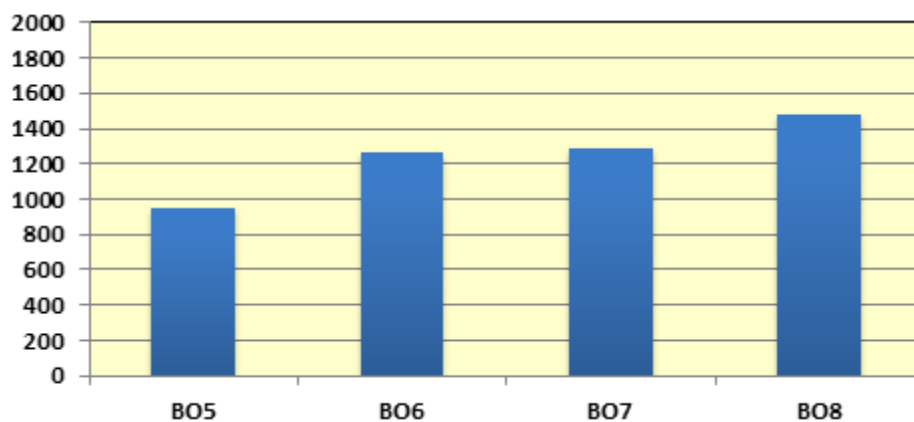
Le abbondanze medie delle stazioni poste a 100 m e a 2000 m dall'area di costruzione della piattaforma sono risultate molto simili, essendo pari rispettivamente a 1.218±125

ind/m<sup>3</sup> e a 1.215±247 ind/m<sup>3</sup>.

A **novembre** l'abbondanza media relativa a tutte le è stata di 1.380±219 ind/m<sup>3</sup>. Il massimo è stato registrato nella stazione BO3 (1626 ind/m<sup>3</sup>; fig. 3.49) e il minimo in BO5 (952 ind. m<sup>-3</sup>; fig. 3.50).



**Fig. 3.49 - Novembre 2015.** Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m<sup>3</sup> rinvenute nelle stazioni poste a **100 m** dalla piattaforma in costruzione.

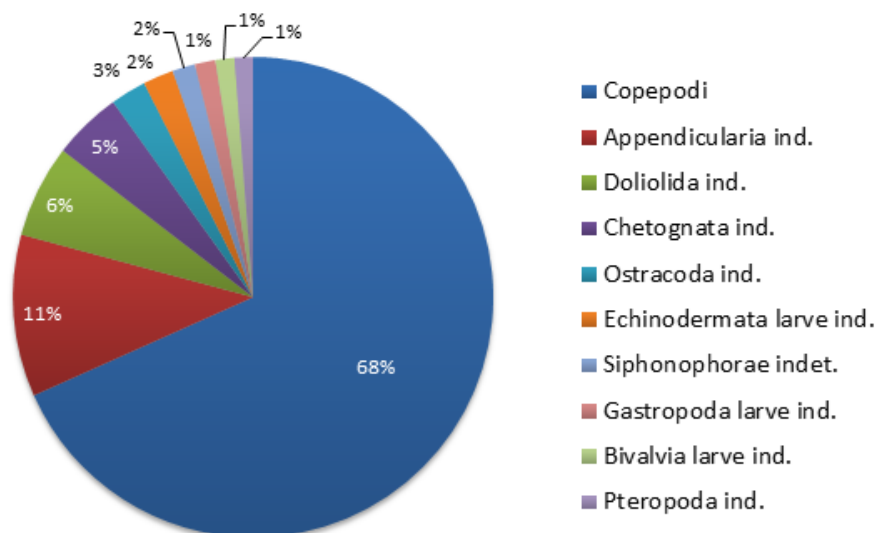


**Fig. 3.50 - Novembre 2015.** Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m<sup>3</sup> rinvenute nelle stazioni poste a **2000 m** dalla piattaforma in costruzione.

Come nei survey precedenti, anche a novembre i popolamenti zooplanctonici sono stati caratterizzati da pochi i taxa (Tabb. 3-IX e 3-XI). In tutte le stazioni ha dominato in modo assoluto il gruppo dei Copepodi (con percentuali pari a circa il 68% rispetto al totale della comunità; fig. 3.51), con un minor contributo da parte di altro zooplancton rappresentato da Appendicularia, Doliolida e Chetognata (11%, 6% e 5% rispettivamente).

**Tab. 3-XI** - Lista dei taxa zooplanctonici con relative abbondanze (n. ind/m<sup>3</sup>) e percentuali rinvenuti nel **novembre 2015**.

	BO1		BO3		BO5		BO6		BO7		BO8	
	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%	ind/m <sup>3</sup>	%
Copepodi	455,81	40,37	570,05	43,63	384,00	38,71	394,55	37,78	579,76	44,69	548,57	35,94
Cladoceri	476,28	42,18	420,00	32,15	403,11	40,64	427,27	40,92	519,53	40,04	649,62	42,56
Amphipoda ind.	0,37	0,03	0,28	0,02	0,19	0,02	0,18	0,02	0,28	0,02	0,48	0,03
Appendicularia ind.	70,70	6,26	145,12	11,11	65,88	6,64	98,18	9,40	80,94	6,24	142,86	9,36
Bivalvia larve ind.	20,47	1,81	5,58	0,43	7,53	0,76	10,91	1,04	7,53	0,58	13,33	0,87
Chetognata ind.	33,49	2,97	37,21	2,85	35,76	3,61	36,36	3,48	22,59	1,74	30,48	2,00
Cnidaria ind.											0,10	0,01
Decapoda larve ind.	1,30	0,12	5,58	0,43	1,88	0,19	1,82	0,17	1,88	0,15	0,57	0,04
Doliolida ind.	27,91	2,47	52,09	3,99	41,41	4,17	36,36	3,48	35,76	2,76	55,24	3,62
Echinodermata larve ind.	0,09	0,01	3,72	0,28	3,76	0,38	5,45	0,52	0,28	0,02	11,43	0,75
Enteropneusta larve ind.							0,09	0,01				
Eufasiacea ind.											0,10	0,01
Gastropoda ind.	0,28	0,02	0,19	0,01	0,28	0,03	0,36	0,03	0,19	0,01	1,14	0,07
Gastropoda larve ind.	5,58	0,49	11,16	0,85	9,41	0,95	9,09	0,87	3,76	0,29	7,62	0,50
Hydrozoa spp.	0,37	0,03	0,65	0,05	3,76	0,38	0,27	0,03	0,09	0,01	0,67	0,04
Isopoda ind.	0,28	0,02			0,09	0,01	0,09	0,01			0,10	0,01
Larve ind.											0,10	0,01
Misidacea ind.			0,19	0,01					0,19	0,01	0,29	0,02
Ostracoda ind.	1,86	0,16	3,72	0,28	5,65	0,57	3,64	0,35	3,76	0,29	3,81	0,25
Phoronida larve ind.			0,09	0,01	0,19	0,02					1,90	0,12
Polichaeta ind.	0,37	0,03	0,56	0,04			0,09	0,01	0,19	0,01	2,29	0,15
Polychaeta larve ind.	1,86	0,16	1,86	0,14	0,38	0,04	0,45	0,04				
Pteropoda ind.	18,70	1,66	13,02	1,00	5,65	0,57	5,45	0,52	13,18	1,02	11,43	0,75
Salpida ind.	9,30	0,82	20,47	1,57	15,06	1,52	3,64	0,35	13,18	1,02	19,05	1,25
Siphonophorae indet.	3,72	0,33	11,16	0,85	7,53	0,76	9,09	0,87	13,18	1,02	22,86	1,50
Sipuncula larve ind.			1,86	0,14	0,09	0,01	0,09	0,01	0,56	0,04	1,90	0,12
Pisces larve	0,19	0,02	1,86	0,14	0,00	0,00	0,55	0,05	0,38	0,03	0,19	0,01
Pisces uova							0,09	0,01			0,10	0,01
Uova Engraulis encrasicolus	0,19	0,02	0,09	0,01	0,28	0,03	0,18	0,02	0,19	0,01	0,19	0,01
<b>Totale</b>	<b>1129,12</b>	<b>100</b>	<b>1306,51</b>	<b>100</b>	<b>991,91</b>	<b>100</b>	<b>1044,27</b>	<b>100</b>	<b>1297,41</b>	<b>100</b>	<b>1526,38</b>	<b>100</b>



**Fig. 3.51 - Novembre 2015.** Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici dello zooplancton.

Anche in questo mese, tra le stazioni poste a 100 m e a 2000 m dall'area di costruzione della piattaforma non sono state osservate differenze significative. Le abbondanze totali medie sono state infatti di  $1.513 \pm 130$  ind/m<sup>3</sup> per le stazioni a 100 m e di  $1.247 \pm 219$  ind/m<sup>3</sup> per quelle più lontane.

### **3.2.2.1 Confronto fra i monitoraggi effettuati nei pre-survey e durante i lavori di posa in opera**

Con lo scopo di verificare se i lavori di installazione avessero influenzato le abbondanze e la composizione specifica dello zooplancton nell'area di posa in opera della piattaforma stessa, è stato fatto un confronto tra i popolamenti zooplanctonici relativi ai campionamenti di dicembre 2014 e marzo 2015 effettuati entrambi nella fase di pre-survey e quelli relativi fase di costruzione di Bonaccia NW.

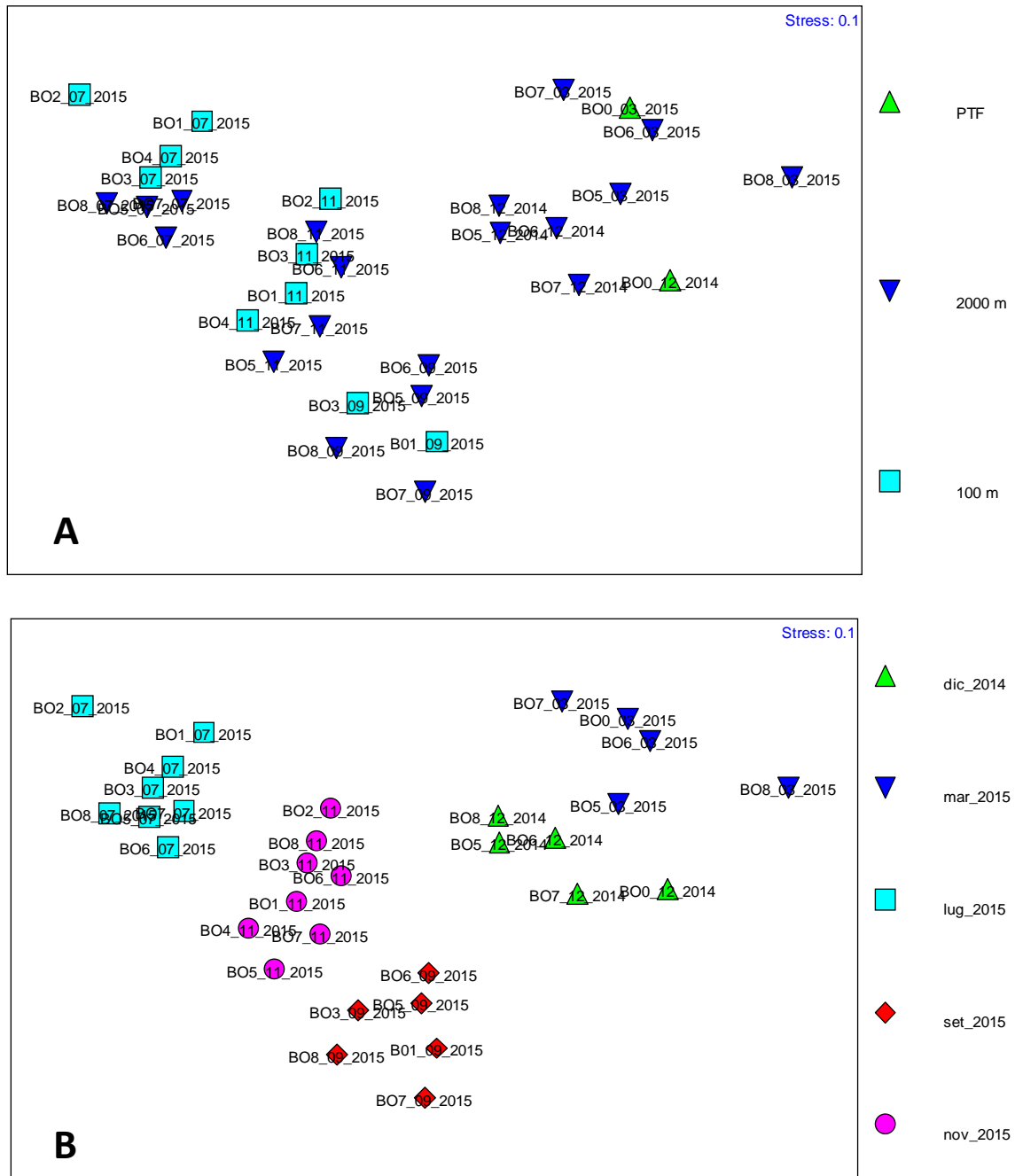
L'ordinamento risultante ha messo in evidenza un raggruppamento dei campioni dovuto principalmente alla stagionalità: ciò significa che i popolamenti zooplanctonici sono variati significativamente sia in abbondanza totale che in composizione e abbondanza relativa dei singoli taxa di mese in mese o di stagione in stagione. I dati relativi ai campionamenti di dicembre 2014 e marzo 2015 sono rappresentativi della stagione invernale, quelli di luglio e settembre della stagione estiva e quello di novembre della stagione autunnale.

L'analisi effettuata sulla base della distanza delle stazioni dall'area di installazione della piattaforma (100 m e 2000 m; fig. 3.51a) evidenzia anche in questo caso come le stazioni si raggruppino in base alla stagionalità e al diverso periodo di campionamento. In generale, i campioni più vicini al punto di installazione della piattaforma si raggruppano con i quelli relativi alle stazioni monitorate negli stessi periodi ma distanti 2000 m, differenziandosi invece chiaramente dai campioni relativi alle stazioni campionate in un periodo diverso.

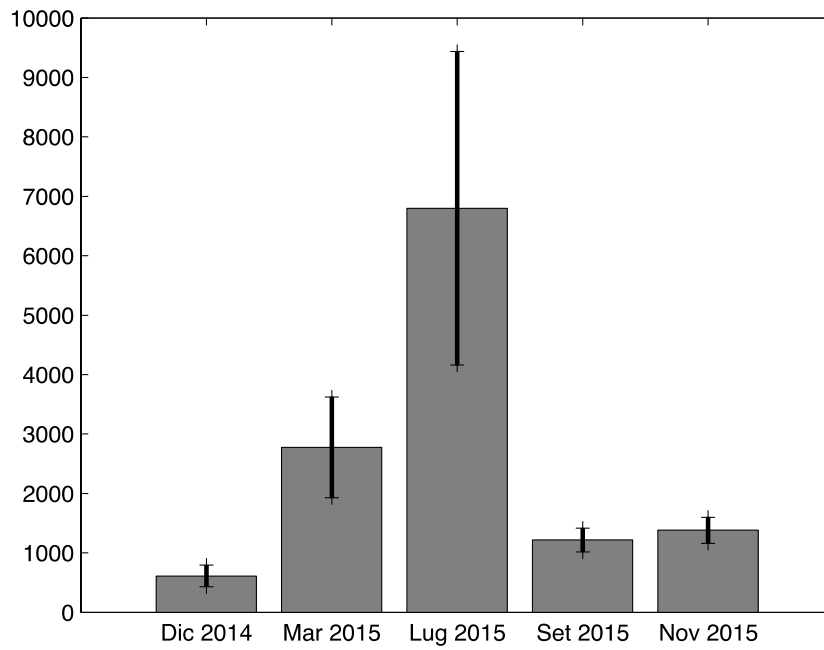
Anche il confronto dei campioni effettuato rispetto alle fasi di installazione della piattaforma (fasi di pre-survey e durante i lavori) ha evidenziato raggruppamenti distinti in base esclusivamente al periodo temporale in cui sono stati effettuati i prelievi di zooplancton (fig. 3.51b).

Nel periodo di monitoraggio le abbondanze zooplanctoniche totali hanno presentato un andamento stagionale con massimi in estate (luglio 2015) e minimi assoluti nei mesi più freddi (dicembre 2014; fig. 3.52).





**Fig. 3.51** - Ordinamento dei campioni di zooplankton effettuato in base alla composizione in taxa e alle abbondanze relative in base alla distanza dalla piattaforma (A) e alla quota di campionamento (B). Dicembre 2014 e marzo 2015 = fase di pre-survey; luglio, settembre e novembre 2015 = durante i lavori di installazione di Bonaccia NW.



**Fig. 3.52** - Abbondanze zooplanctoniche medie espresse in ind/m<sup>3</sup> nelle diverse campagne di rilevamento e misura. Dicembre 2014 e marzo 2015 = fase di pre-survey; luglio, settembre e novembre 2015 = durante i lavori di installazione di Bonaccia NW.

### 3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

#### 3.3.1. GRANULOMETRIA

All'analisi visiva tutti i sedimenti monitorati durante i lavori di installazione di Bonaccia NW sono apparsi di colore nocciola, molto simili tra loro e inodori, con uno strato ossidato compreso tra 0,5 cm e 1 cm (fig. 3.53). Solo il sito BO SW è apparso caratterizzato da un sottile strato superficiale compatto e solidificato, presumibilmente derivato dai fanghi di perforazione (fig. 33.54). Segni di bioturbazione e residui conchigliari sono stati osservati in tutti i campioni (All. B).



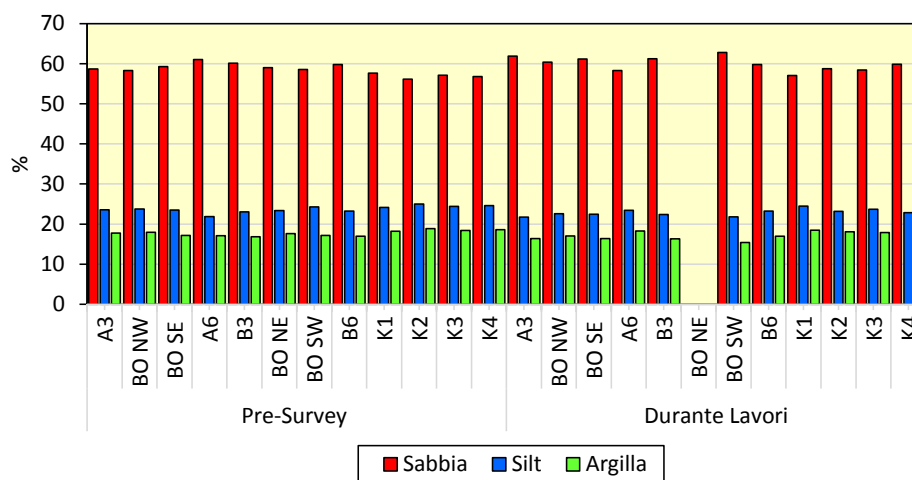
**Fig. 3.53** - Campioni di sedimento raccolti in corrispondenza dei siti BO NW, B6 e K4 durante i lavori di installazione di Bonaccia NW.



**Fig. 3.54** - Campione di sedimento prelevato dal sito BO SW durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. E' visibile in superficie lo strato di sedimento solidificato (dettaglio sulla destra).

Dall'analisi granulometrica (fig. 3.55; Tab. 3-XII) è emersa in tutti i campioni una prevalenza della frazione sabbiosa, il cui picco nell'area circostante la piattaforma è stato rilevato in corrispondenza di BO SW (62,44%); il minimo è stato invece registrato in A6 (58,29%). Queste percentuali sono in accordo a quanto osservato nei controlli, dove la sabbia è oscillata tra il 57,03% (K1) e il 59,85% (K4). La pelite è apparsa costituita in prevalenza da silt e in misura minore da argilla. La differenza tra le due componenti è risultata comunque modesta, limitata a pochi punti percentuale. Anche per queste componenti non si rilevano differenze tra l'area entro 60 m da Bonaccia NW e i siti di controllo. Come nel pre-survey, anche durante i lavori di installazione i sedimenti sono stati tutti classificati come sabbia siltosa secondo la classificazione di Shepard (All. B).

Le operazioni di posa in opera della piattaforma non sembrano aver avuto, almeno al momento, alcun effetto apprezzabile sulla tessitura dei sedimenti. Infatti, le variazioni osservate sono state inferiori al 3% eccetto in BO SW, dove si è verificato un incremento di sabbia da 58,56% a 62,77% accompagnato da una riduzione sia di silt che di argilla. Si tratta anche in questo caso di una variazione estremamente modesta non relazionabile alle operazioni che si stavano svolgendo nell'area.



**Fig. 3.55** - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nel pre-survey e durante le operazioni di installazione di Bonaccia NW. In quest'ultimo survey non è stato possibile campionare la stazione BO NE.

**Tab. 3-XII** - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nel pre-survey e durante le operazioni di installazione di Bonaccia NW. In quest'ultimo survey non è stato possibile campionare la stazione BO NE. I siti corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in rosso.

	Pre-survey			Durante lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla
A3	58,69	23,54	17,77	61,86	21,73	16,41
<b>BO NW</b>	<b>58,31</b>	<b>23,76</b>	<b>17,93</b>	<b>60,38</b>	<b>22,58</b>	<b>17,04</b>
<b>BO SE</b>	<b>59,30</b>	<b>23,53</b>	<b>17,17</b>	<b>61,17</b>	<b>22,45</b>	<b>16,38</b>
A6	61,05	21,86	17,09	58,29	23,41	18,30
B3	60,11	23,06	16,83	61,26	22,40	16,34
<b>BO NE</b>	<b>59,00</b>	<b>23,36</b>	<b>17,64</b>	<b>non campionata</b>		
<b>BO SW</b>	<b>58,56</b>	<b>24,29</b>	<b>17,15</b>	<b>62,77</b>	<b>21,82</b>	<b>15,41</b>
B6	59,80	23,24	16,96	59,78	23,25	16,97
K1	57,62	24,15	18,23	57,03	24,49	18,48
K2	56,15	24,99	18,86	58,72	23,17	18,11
K3	57,14	24,42	18,44	58,39	23,71	17,90
K4	56,80	24,62	18,58	59,85	22,88	17,27

### 3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Analogamente a quanto osservato nel pre survey, anche durante i lavori di installazione i vari composti appartenenti agli Idrocarburi Policiclici Aromatici hanno presentato comportamenti diversi tra loro (Tab. 3-XIII).

Alcuni di essi sono apparsi presenti in tutti (Benzo(b)fluorantene, Benzo(ghi)perilene, Benzo(k)fluorantene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene) o quasi tutti (Benzo (a) pirene) i siti indagati. Diffusamente presenti sono stati Fluorantene, Naftalene, Fenantrene e Pirene, mentre sono risultati sporadici Benzo (a) antracene e Crisene. I restanti composti non sono invece stati rilevati.

Dalla sommatoria di tutti i composti si evince che le concentrazioni sono molto basse in tutti i siti, tanto che le differenze tra gli uni e gli altri sono da considerarsi trascurabili (fig. 3.56).

Rispetto al pre-survey la distribuzione degli IPA ha subito cambiamenti: ad esempio, l'Antracene, diffusamente presente in quel campionamento, non è stato rinvenuto successivamente, mentre il Benzo(a)pirene ha mostrato un comportamento opposto. In tutti i casi si tratta di tenori molto bassi ben al di sotto degli LCB indicati dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (ICRAM-APAT, 2007) e notevolmente inferiori agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) riportati per i sedimenti di corpi idrici marino-costieri e di transizione nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015; pertanto le

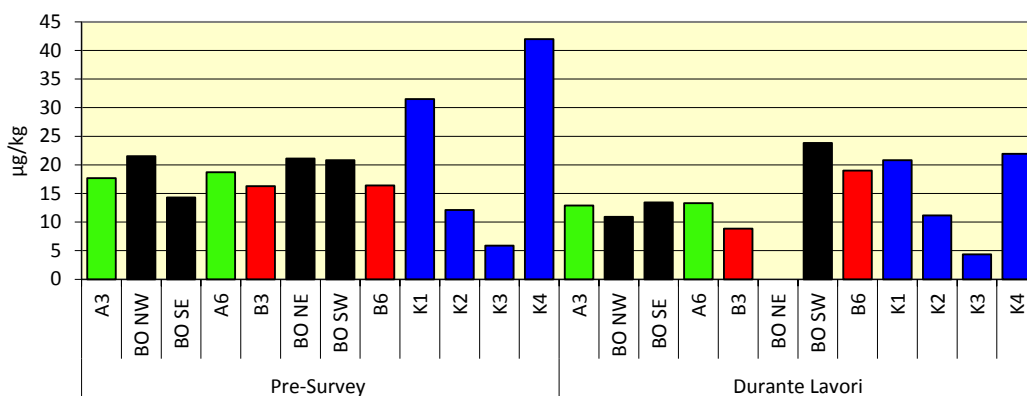
variazioni osservate assumono poco significato essendosi tra l'altro verificate sia nell'area della piattaforma, sia ai controlli.

Nel complesso non si rilevano pertanto cambiamenti imputabili alle attività di installazione che si stavano svolgendo nell'area.

**Tab. 3-XIII** - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) nei sedimenti prelevati nel pre-survey e durante le operazioni di installazione di Bonaccia NW. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso. Nel durante lavori non è stato possibile campionare BO NE. Le celle vuote indicano l'assenza del composto in quel sito. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB indicati da ICRAM-APAT (2007).

	LCB	Pre-survey											
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
Naftalene	35		1,9	1,4			1,5	1,7	1,7	1,5	1,3		1,9
Acenaftene	7												
Fluorene	21												
Fenantrene	87	1,0			1,0					1,8	1,0		2,2
Antracene	47	2,2	2,3	1,6	1,7	1,9	1,7	1,5	2,1	2,1	3,2	2,3	2,6
Fluorantene	113	1,3	1,5	1,1	1,4	1,3	1,8	1,6	1,2	3,0			3,2
Pirene	153	1,4	1,7	1,3	1,5	1,3	1,8	1,7	1,3	3,1			3,0
Benzo (a) antracene	75									1,4			1,4
Crisene	108	1,1	1,2		1,3	1,0	1,3	1,3		2,4			3,0
Benzo (b) fluorantene		3,1	4,1	2,2	3,4	2,8	4,7	4,5	2,8	4,8	1,4		9,1
Benzo (k) fluorantene		1,6	2,1	1,5	1,8	1,7	2,0	2,6	1,7	2,3	1,5	1,1	3,4
Benzo (a) pirene	80												
Dibenzo (a, h) antracene	6												
Benzo (g, h,i) perilene		2,6	3,3	2,5	2,9	2,9	3,0	2,7	2,8	4,5	1,8	1,5	5,4
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene		3,4	3,4	2,7	3,7	3,3	3,3	3,2	2,8	4,6	1,9	1,0	6,8
Acenaftilene													
<b>Totale</b>	<b>900</b>	<b>17,7</b>	<b>21,5</b>	<b>14,3</b>	<b>18,7</b>	<b>16,3</b>	<b>21,1</b>	<b>20,8</b>	<b>16,4</b>	<b>31,5</b>	<b>12,1</b>	<b>5,9</b>	<b>42,0</b>

	LCB	Durante lavori											
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
Naftalene	35		1,3	1,4				1,6	1,3	1,2	1,5		1,6
Acenaftene	7												
Fluorene	21												
Fenantrene	87	1,1	1,1					1,5	1,3	1,6			1,7
Antracene	47												
Fluorantene	113	0,9	0,8		1,1			3,4	1,3	1,5			
Pirene	153	0,7	0,8		0,8			2,4	1,0	1,2			1,2
Benzo (a) antracene	75	0,5						1,2	0,7				0,8
Crisene	108	0,5						1,4	0,8				0,9
Benzo (b) fluorantene		1,9	1,9	3,1	3,6	2,2		3,6	3,6	3,7	2,2	1,0	4,3
Benzo (k) fluorantene		1,8	1,0	2,1	1,5	2,0		2,0	2,1	3,4	2,3	0,6	3,0
Benzo (a) pirene	80	0,7	0,5	1,0	1,0	0,4		1,3	1,0	1,0	0,6		1,0
Dibenzo (a, h) antracene	6												
Benzo (g, h,i) perilene		2,0	1,3	2,3	2,2	1,7		2,4	2,4	2,8	1,7	1,3	2,8
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene		2,9	2,0	3,6	3,3	2,6		3,2	3,6	4,5	2,8	1,4	4,5
Acenaftilene													
<b>Totale</b>	<b>900</b>	<b>12,9</b>	<b>10,9</b>	<b>13,4</b>	<b>13,3</b>	<b>8,9</b>	<b>non campionata</b>	<b>23,9</b>	<b>19,0</b>	<b>20,8</b>	<b>11,2</b>	<b>4,3</b>	<b>21,9</b>



**Fig. 3.56** - Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) nei sedimenti prelevati nel pre-survey e durante le operazioni di installazine di Bonaccia NW. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero. Nel durante lavori non è stato possibile campionare BO NE.

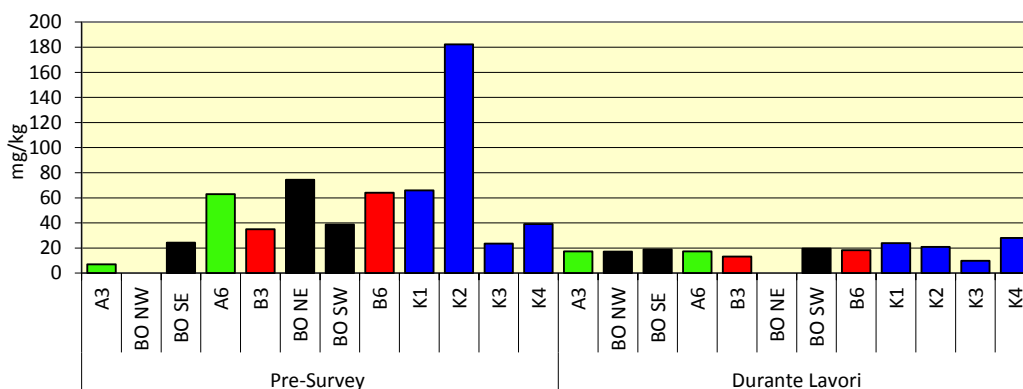
### 3.3.3. IDROCARBURI TOTALI

Le concentrazioni degli idrocarburi leggeri ( $C < 12$ ) sono risultate in tutti i casi al di sotto del limite di quantificazione sia nel pre-survey, sia nel monitoraggio condotto durante l'installazione della piattaforma. Per quanto riguarda gli idrocarburi pesanti ( $C > 12$ ), durante i lavori i tenori sono apparsi modesti e omogenei ovunque (Tab. 3-XIV; fig. 3.57). Il massimo, comunque basso, è stato riscontrato nel controllo K4.

Rispetto al pre-survey questi contaminanti hanno subito un diffuso decremento eccetto in A3, ad indicare che le attività non hanno avuto effetti sulle loro concentrazioni.

**Tab. 3-XIV** – Idrocarburi ( $\text{mg}/\text{kg}$ )  $C > 12$  rilevati nei sedimenti campionati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. In rosso i siti in cui è istallata la piattaforma. Nel durante lavori non è stato possibile campionare il sito BO NE

	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
Pre-survey	7,1	< 5,0	24,2	62,9	34,9	74,4	38,8	64,1	65,9	182,2	23,6	39,2
Durante lavori	17,4	17,2	18,8	17,3	13,3	-	19,6	18,3	23,9	20,9	9,86	28,0



**Fig. 3.57** - Idrocarburi ( $\text{mg}/\text{kg}$ )  $C > 12$  rilevati nei sedimenti campionati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. In nero i siti in cui è istallata la piattaforma. Nel durante lavori non è stato possibile campionare il sito BO NE

### 3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'inverno 2012 sono riportati in fig. 3.58 e in Tab. 3-XV. Nella discussione che segue vengono riportati gli SQA indicati nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio, mercurio, piombo, nichel, arsenico e cromo, unici metalli per i quali sono disponibili.

**Alluminio** – Le percentuali di questo metallo rilevate durante i lavori di installazione nell'area circostante la piattaforma sono oscillate in un intervallo molto ristretto compreso tra 1,16% (BO NW) e 1,44% (BO SW), risultando del tutto in linea con la media dei controlli ( $1,43 \pm 0,46\%$ ). Rispetto al pre-survey la maggior parte dei siti ha mostrato un decremento mentre negli altri i valori sono aumentati o rimasti praticamente costanti, ma si tratta di variazioni poco rilevanti.

**Arsenico** – Le percentuali di questo metallo rilevate durante i lavori di installazione entro un raggio di 60 m da Bonaccia NW sono oscillate in un intervallo ristretto compreso tra 10,19 mg/kg (BO NW) e 13,90 mg/kg (A6), risultando leggermente superiori alla media dei controlli ( $8,39 \pm 1,51$  mg/kg). Rispetto al pre-survey l'arsenico è tendenzialmente aumentato ovunque, ma tale comportamento è degno di nota solo nei siti A6, B3 e B6, dove è stato leggermente superato lo Standard di Qualità Ambientale (SQA) dei sedimenti riportato nella Tab. 3/B del DM 2015/172 (12 mg/kg s.s.).

**Bario** – Le concentrazioni di bario rilevate durante le operazioni di posa in opera di Bonaccia NW nei siti posti a 60 m da Bonaccia NW sono apparse in linea con la media dei controlli ( $36,15 \pm 6,16$  mg/kg). Al contrario, nelle stazioni BO è avvenuto un deciso incremento che ha portato a un valore medio di  $208,26 \pm 18,24$  mg/kg, con due picchi in BO SE e BO SW (221,62 e 215,68 mg/kg rispettivamente) pari a 6 volte la media dei controlli. Dal confronto con i dati del pre-survey si evince che in prossimità della piattaforma questo metallo ha subito un evidente incremento, raggiungendo un valore medio corrispondente a 3,5 volte quello osservato nell'area prima dell'inizio dei lavori ( $58,95 \pm 7,77$  mg/kg). Le variazioni osservate nei siti A e B sono invece in linea con quelle dei controlli.

**Cadmio** – Le concentrazioni di cadmio rilevate durante le operazioni di posa in opera entro 60 m da Bonaccia NW sono risultate modeste e omogenee, oscillando tra 0,059 mg/kg (A6) e 0,082 mg/kg (BO SW), e in linea con la media dei riferimenti ( $0,080 \pm 0,036$  mg/kg). Rispetto al pre-survey è avvenuto ovunque un decremento eccetto in K2. In tutto il periodo le concentrazioni sono risultate ampiamente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 (0,3 mg/kg s.s.).



**Tab. 3-XV** - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e durante le operazioni di installazione della piattaforma (DL). In rosso le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW. Nel DL non è stato possibile campionare il sito BO NE.

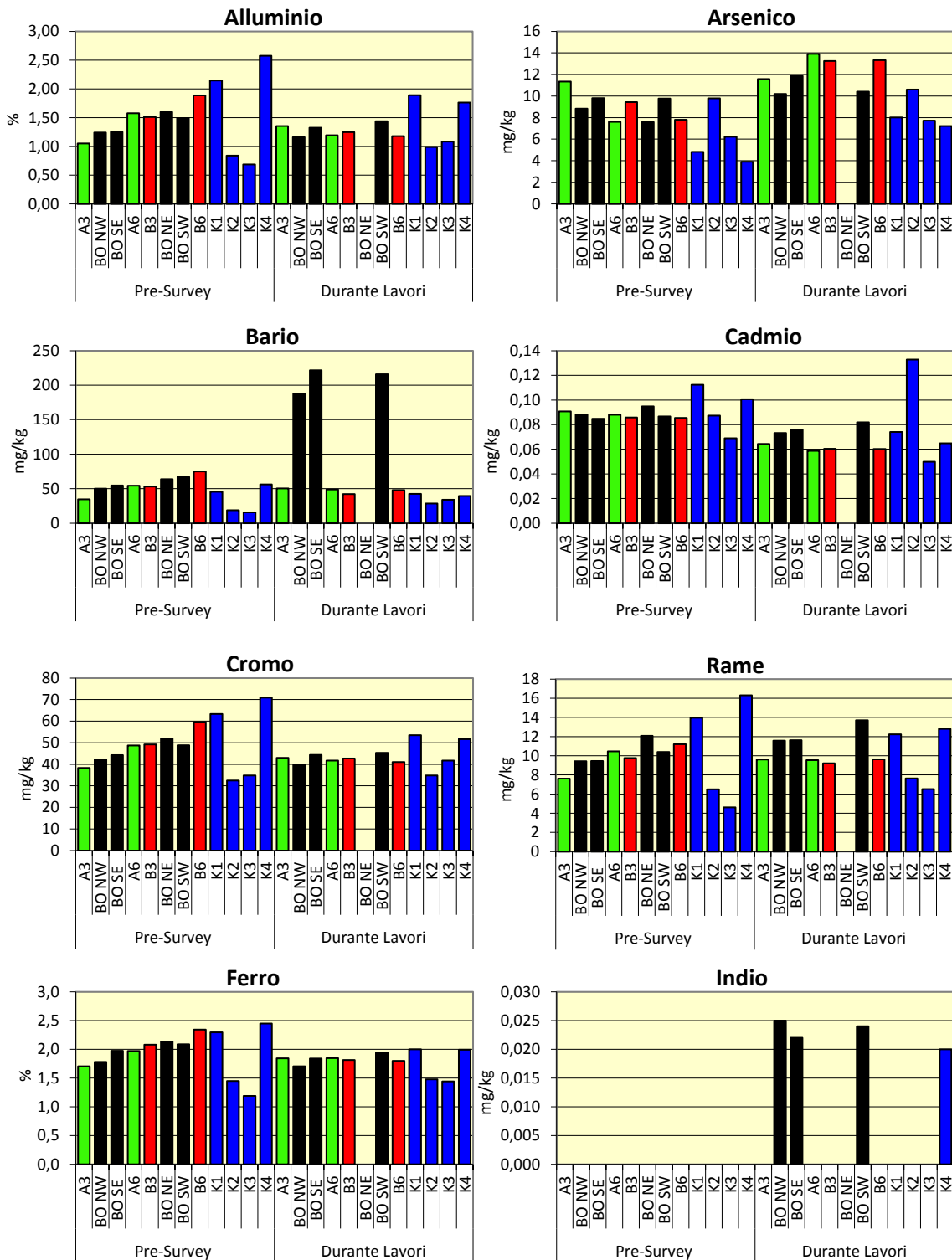
	Al		As		Ba		Cd		Cr		Cu		Fe	
	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL
A3	1,05	1,35	11,33	11,57	34,45	50,25	0,091	0,064	38,27	42,95	7,62	9,60	1,70	1,84
BO NW	1,24	1,16	8,83	10,19	50,24	187,49	0,088	0,073	42,18	39,75	9,43	11,57	1,78	1,70
BO SE	1,25	1,32	9,80	11,87	54,80	221,62	0,085	0,076	44,22	44,32	9,45	11,62	1,97	1,84
A6	1,58	1,19	7,60	13,90	54,31	48,74	0,088	0,059	48,71	41,69	10,46	9,53	1,97	1,85
B3	1,51	1,25	9,44	13,24	53,09	42,12	0,086	0,060	49,23	42,65	9,76	9,21	2,08	1,81
BO NE	1,60	-	7,59	-	63,71	-	0,095	-	51,91	-	12,07	-	2,14	-
BO SW	1,49	1,44	9,76	10,40	67,05	215,68	0,087	0,082	48,82	45,30	10,39	13,71	2,09	1,94
B6	1,89	1,18	7,81	13,33	75,02	47,96	0,085	0,060	59,63	41,05	11,20	9,63	2,34	1,80
K1	2,14	1,89	4,83	8,02	45,68	42,55	0,112	0,074	63,28	53,54	13,97	12,23	2,29	2,00
K2	0,84	0,99	9,78	10,60	18,87	28,54	0,087	0,133	32,48	34,77	6,49	7,63	1,45	1,48
K3	0,68	1,08	6,22	7,72	15,62	34,10	0,069	0,050	34,79	41,69	4,60	6,52	1,19	1,44
K4	2,58	1,76	3,92	7,21	56,04	39,40	0,101	0,065	70,89	51,67	16,31	12,81	2,45	1,99

	In		Hg		Ni		Pb		Si		V		Zn	
	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL
A3	< 0,02	< 0,02	0,020	0,014	30,56	33,78	12,02	10,98	< 5	53,00	40,22	44,27	52,16	43,54
BO NW	< 0,02	0,03	0,020	0,012	34,86	31,61	12,59	11,04	< 5	516,96	41,90	47,97	57,62	42,99
BO SE	< 0,02	0,02	0,021	0,013	38,32	33,25	12,73	11,86	< 5	476,29	45,19	51,89	63,54	45,91
A6	< 0,02	< 0,02	0,023	0,014	38,47	33,63	13,72	12,55	20,95	133,97	48,35	42,91	64,14	43,93
B3	< 0,02	< 0,02	0,019	0,014	39,56	32,80	13,19	13,07	< 5	27,87	51,51	44,02	66,58	41,54
BO NE	< 0,02	-	0,027	-	45,09	-	13,80	-	< 5	-	49,92	-	72,05	-
BO SW	< 0,02	0,02	0,022	0,019	40,17	36,49	13,07	12,54	< 5	608,78	49,33	55,34	65,60	50,72
B6	< 0,02	< 0,02	0,022	0,014	44,92	33,33	13,53	13,84	26,38	35,18	57,68	41,65	75,20	42,46
K1	< 0,02	< 0,02	0,027	0,020	52,12	42,66	14,75	13,50	11,43	35,03	56,53	51,07	81,67	53,77
K2	< 0,02	< 0,02	0,016	0,011	26,35	26,75	9,54	12,17	< 5	17,66	31,86	34,36	57,11	36,71
K3	< 0,02	< 0,02	0,011	0,008	20,84	24,77	10,76	8,13	< 5	49,48	26,36	33,46	41,49	30,53
K4	< 0,02	0,02	0,034	0,023	57,67	42,92	14,94	14,02	34,41	33,46	62,82	47,04	89,65	54,66

**Cromo** – Le concentrazioni di cromo rilevate durante le operazioni di posa in opera entro 60 m da Bonaccia NW sono risultate basse e omogenee, oscillando tra 39,75 mg/kg (BO NW) e 45,30 mg/kg (BO SW), e del tutto in linea con la media dei riferimenti ( $45,42 \pm 8,80$  mg/kg). Rispetto al pre-survey le variazioni sono apparse modeste. Quella di maggiore entità è stata osservata in B6, dove il cromo ha presentato un decremento confrontabile con quello registrato in K4. L'SQA riportato nella Tab. 3/B del DM 250/2015 (50 mg/kg) è stato superato in diversi siti durante il pre-survey (tra cui due riferimenti) e in due controlli (K1 e K4) durante i lavori, per cui tale fenomeno non è imputabile all'installazione della piattaforma.

**Rame** – Le concentrazioni rilevate durante i lavori sono apparse modeste e omogenee attorno alla struttura variando tra 9,21 mg/kg (B3) e 13,71 mg/kg (BO SW) e in linea con la media dei riferimenti ( $9,80 \pm 3,19$  mg/kg). Rispetto al pre-survey si è verificato un aumento in alcuni siti e una riduzione in altri sia nell'area della piattaforma che ai controlli,

ma si tratta di variazioni non degne di nota.



**Fig. 3.58** - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è stata la piattaforma. Nel durante lavori non è stato possibile campionare il sito BO NE

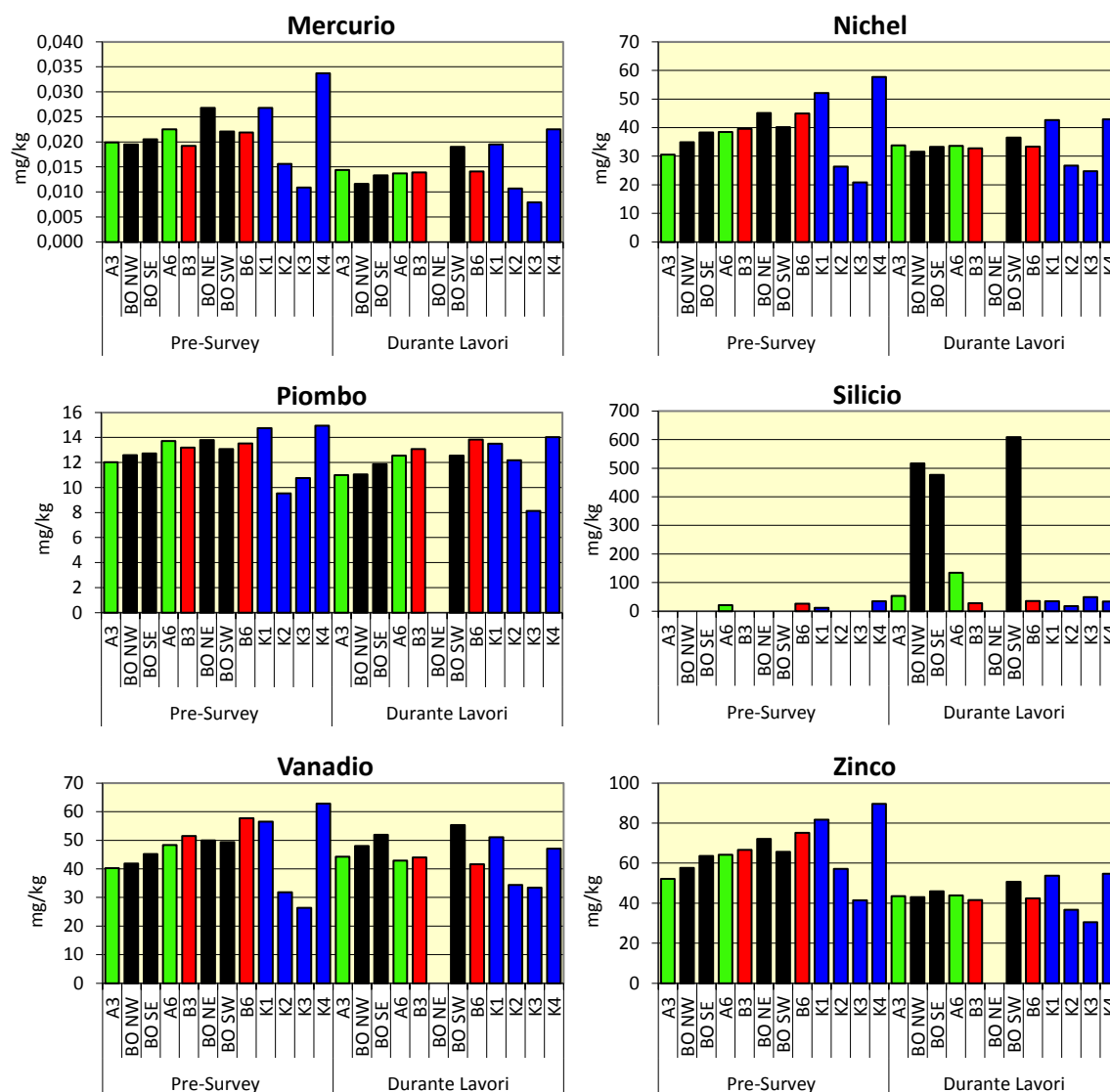


Fig. 3.58 - Continuo.

**Ferro** – Le concentrazioni di ferro rilevate durante le operazioni di posa in opera entro 60 m da Bonaccia NW sono risultate modeste e omogenee oscillando tra 1,70% (BO NW) e 1,94% (BO SW) e in linea con la media dei riferimenti ( $1,73 \pm 0,31\%$ ).

Rispetto al pre-survey si sono avute per lo più riduzioni, ma non sono variazioni degne di nota.

**Indio** – Questo metallo, risultato sotto del limite di quantificazione (0,02 mg/kg) nel pre-survey, è risultato presente durante i lavori di installazione nelle stazioni BO e nel controllo K4. Anche in questo caso, però, si tratta di tracce poiché i tenori rilevati sono tutti prossimi a limite di quantificazione.

**Mercurio** – Durante le attività di installazione il mercurio si è ridotto in tutte le stazioni poste entro 60 m dalla piattaforma, dove è oscillato tra 0,012 mg/kg (BO NW) e 0,019

mg/kg (BO SW) risultando pertanto in linea con la media dei controlli ( $0,015\pm 0,007$  mg/kg). E' da rilevare che già nel pre-survey le concentrazioni erano piuttosto modeste e sempre notevolmente inferiori all'SQA ( $0,3$  mg/kg s.s.) riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172.

**Nichel** – Anche le concentrazioni di nichel rilevate durante le operazioni di installazione sono risultate basse e omogenee tra siti entro 60 m, variando tra  $31,61$  mg/kg (BO NW) e  $36,49$  mg/kg (BO SW), e in linea con la media dei riferimenti ( $34,28\pm 9,87$  mg/kg). Rispetto al pre-survey questo metallo si è ridotto nella maggior parte dei siti, ma si tratta di differenze irrilevanti. L'SQA riportato nelle Tabb. 2/A del DM 56/2009 e del DM 260/2010 ( $30$  mg/kg s.s.) è stato superato ovunque in entrambi i survey eccetto nei controlli K2 e K3; pertanto, le operazioni di posa in opera non hanno influito sulla qualità ambientale.

**Piombo** – Le concentrazioni di piombo rilevate entro un raggio di 60 m dalla piattaforma durante le operazioni di installazione sono apparse modeste e omogenee tra siti oscillando tra  $10,98$  mg/kg (A3) e  $13,84$  mg/kg (B6), risultando in linea con la media dei riferimenti ( $11,95\pm 2,67$  mg/kg). Rispetto al pre-survey, quando già le concentrazioni erano apparse notevolmente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 ( $30$  mg/kg s.s.), il piombo ha mostrato una tendenza alla riduzione, ma si tratta di variazioni non degne di nota.

**Silicio** – Le concentrazioni di silicio rilevate durante le operazioni di installazione sono risultate molto variabili tra siti. In A3, B3, B6 i tenori sono apparsi del tutto in linea con i controlli ( $33,91\pm 13,01$  mg/kg). In corrispondenza di A6 ( $133,97$  mg/kg), invece, è stato individuato un valore corrispondente a 4 volte tale media. Le concentrazioni sono risultate ancora più elevate in corrispondenza della piattaforma, dove la media ( $534,01\pm 67,87$  mg/kg), è stata pari a circa 16 volte quella dei controlli.

Rispetto al pre-survey questo metallo ha esibito un brusco incremento, particolarmente marcato nell'area di posa della struttura, che va ricondotto alle attività di installazione in corso.

**Vanadio** – Le concentrazioni di vanadio rilevate durante le operazioni di installazione di Bonaccia NW sono risultate modeste e omogenee tra siti entro 60 m dalla struttura, dove sono oscillate tra  $41,65$  mg/kg (B6) e  $55,34$  mg/kg (BO SW), apparendo in linea con la media dei riferimenti ( $41,48\pm 8,90$  mg/kg).

Rispetto al pre-survey non si osservano sostanziali differenze nella maggior parte delle stazioni che hanno esibito comportamenti differenti tra loro; le variazioni di maggiore

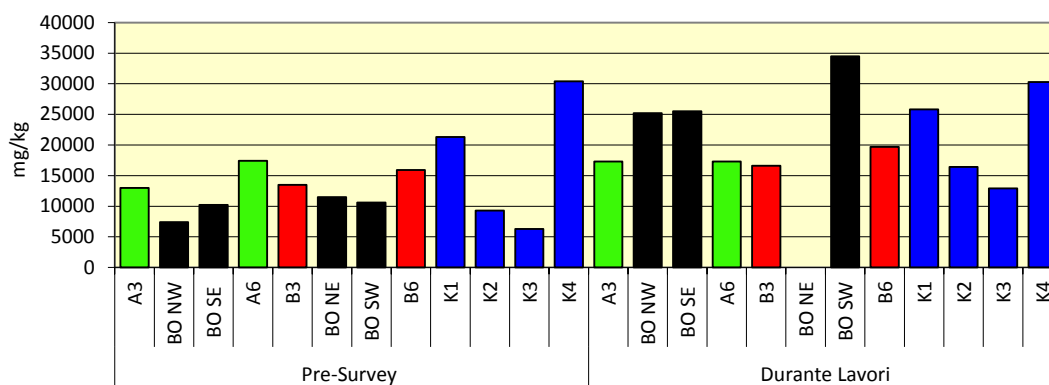
entità sono state osservate in B6 e K4 dove il vanadio ha subito una riduzione confrontabile.

**Zinco** – Le concentrazioni di zinco rilevate durante le operazioni di installazione entro 60 m da Bonaccia NW sono risultate, come la maggior parte degli altri metalli, modeste e omogenee variando tra 41,54 mg/kg (B3) e 50,72 mg/kg (BO SW), esibendo valori del tutto in linea con la media dei riferimenti ( $43,92 \pm 12,16$  mg/kg).

Rispetto al pre-survey, quando questo metallo mostrava valori già bassi, è avvenuto un decremento diffuso la cui entità è paragonabile tra l'area circostante la piattaforma e i controlli.

### 3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

La sostanza organica rilevata durante le operazioni di installazione entro un raggio di 60 m da Bonaccia NW è apparsa in linea con quella dei controlli K2 e K3. Solo in BO SW è stato superato il controllo K4, risultato quello a più alto contenuto di materia organica tra i riferimenti (fig. 3.59; Tab. 3-XVI). Pertanto, in termini assoluti, i dati non possono essere considerati anomali. Tuttavia occorre sottolineare che attorno alla piattaforma la sostanza organica ha subito un deciso, diffuso incremento tra il pre-survey e il durante lavori, fatto osservato anche nei controlli K1, K2 e K3, ma in misura minore. In particolare, in BO NW il tenore è più che triplicato. Questi dati potrebbero rappresentare l'inizio di un fenomeno di accumulo nell'area interessata dalla posa della piattaforma, che potrà essere smentito o corroborato dai dati dei prossimi survey.



**Fig. 3.59** - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (DL). In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma. Nel DL non è stato possibile campionare il sito BO NE.

**Tab. 3-XVI** – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (DL). In rosso le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma. Nel DL non è stato possibile campionare il sito BO NE.

	PS	DL
A3	13000	17300
BO NW	7400	25200
BO SE	10200	25500
A6	17400	17300
B3	13500	16600
BO NE	11500	-
BO SW	10600	34500
B6	15900	19700
K1	21300	25800
K2	9300	16400
K3	6300	12900
K4	30400	30300

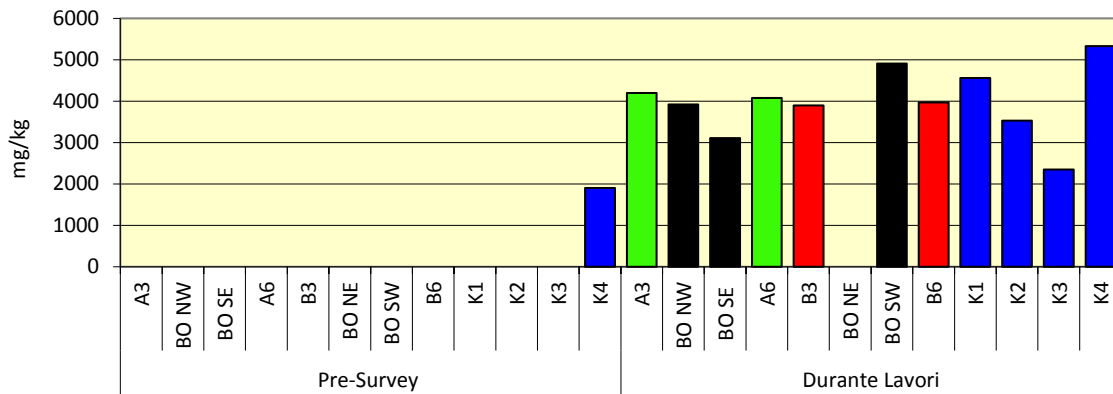
### 3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Le concentrazioni di TOC rilevate nei siti posti entro i 60 m da Bonaccia NW sono apparse confrontabili con quelle dei controlli (Tab. 3-XVII e fig. 3.60).

Rispetto al pre-survey, in cui il TOC era stato rilevato unicamente in K4, è avvenuto un chiaro incremento che, tuttavia, ha interessato parallelamente sia l'area circostante la piattaforma, sia i riferimenti. Pertanto, quanto osservato non può essere riconducibile alle attività di posa in opera della struttura.

**Tab. 3-XVII** – Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (DL). In rosso le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma. Nel DL non è stato possibile campionare il sito BO NE.

	PS	DL
A3	<loq	4200
EL NW	<loq	3920
EL SE	<loq	3110
A6	<loq	4080
B3	<loq	3900
EL NE	<loq	-
EL SW	<loq	4910
B6	<loq	3970
K1	<loq	4560
K2	<loq	3530
K3	<loq	2350
K4	1900	5330



**Fig. 2.60** - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (DL). In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma. Nel DL non è stato possibile campionare il sito BO NE.

### 3.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

#### 3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC - I due test eseguiti come controllo positivo con  $K_2Cr_2O_7$  (7,2 mg/l come cromo) sono rientrati nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5,8 – 9,9 mg/l); i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore  $\geq 16$ ).

Risultati del saggio - I risultati del saggio applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati durante i lavori di installazione di Bonaccia NW sono riportati in Tab. 3-XVIII, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati. In tutti i campioni non è stato evidenziato alcun effetto tossico. In alcuni casi è stato osservato un effetto biostimolante (valori negativi della % di effetto), ma statisticamente non sono risultati significativi ( $p > 0,05$ ) rispetto alla crescita misurata nei rispettivi controlli eseguiti con acqua marina artificiale.

**Tab. 3-XVIII** - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. In rosso sono indicati i siti in corrispondenza della piattaforma. Valori negativi della % di effetto indicano effetto stimolante.

campione	pH	Salinità (%)	% effetto/biostimolazione	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Giudizio
BO SE	8,55	36	16,39	>90	>100	Assenza di effetto
BO SW	8,41	36	12,87	>90	>100	Assenza di effetto
A3	8,46	36	12,56	>90	>100	Assenza di effetto
A6	8,39	36	-3,69	>90	>100	Assenza di effetto
B3	8,30	36	9,02	>90	>100	Assenza di effetto
B6	8,57	36	15,73	>90	>100	Assenza di effetto
K1	8,73	36	-4,67	>90	>100	Assenza di effetto
K2	8,44	36	10,43	>90	>100	Assenza di effetto
K3	8,43	36	11,52	>90	>100	Assenza di effetto
K4	8,39	36	-5,76	>90	>100	Assenza di effetto

Confronto con il pre-survey - Il test eseguito durante i lavori di posa in opera non ha evidenziato alcuna variazione rispetto al pre-survey comprovando l'assenza di tossicità in tutti gli elutriati (Tab. 3-XIX).



**Tab 3-XIX** – Confronto tra il pre-survey (PS) e il campionamento condotto durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (DL).

Campione	PS	DL
BO SE	Assente	Assente
BO SW		Assente
A3	Assente	Assente
A6	Assente	Assente
B3	Assente	Assente
B6	Assente	Assente
K1	Assente	Assente
K2	Assente	Assente
K3	Assente	Assente
K4	Assente	Assente

### 3.4.2. *VIBRIO FISCHERI* (SISTEMA MICROTOX<sup>®</sup>)

QA-QC – Il test con sostanza di riferimento (Cu) ha prodotto una EC<sub>50</sub> a 15' di 10,08 mg/l (LC=8,88 e UC=11,43) che è rientrata nei limiti della carta di controllo del laboratorio (4,24-11,19 mg/l).

Risultati del test – Tutti gli elutriati estratti dai sedimenti testati durante i lavori di installazione di Bonaccia NW sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 3-XX).

Confronto con il pre-survey - Il test eseguito durante i lavori di posa in opera non ha evidenziato alcuna variazione rispetto al pre-survey comprovando l'assenza di tossicità in tutti gli elutriati (Tab. 3-XXI).

**Tab. 3-XX** - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati durante i lavori di installazione. In rosso le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto ( 30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
BO SE	8,55	36	3,27	2,84	>90	>90	Assente
BO SW	8,41	36	3,32	3,14	>90	>90	Assente
A3	8,46	36	3,49	5,12	>90	>90	Assente
A6	8,39	36	5,37	5,73	>90	>90	Assente
B3	8,30	36	0,20	0,02	>90	>90	Assente
B6	8,57	36	2,83	5,59	>90	>90	Assente
K1	8,73	36	6,51	7,07	>90	>90	Assente
K2	8,44	36	7,11	8,03	>90	>90	Assente
K3	8,43	36	-2,47	-3,89	>90	>90	Assente
K4	8,39	36	3,82	1,89	>90	>90	Assente

**Tab 3-XXI** – Confronto tra il pre-survey (PS) e il campionamento condotto durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (DL).

Campione	PS	DL
BO SE	Assente	Assente
BO SW		Assente
A3	Assente	Assente
A6	Assente	Assente
B3	Assente	Assente
B6	Assente	Assente
K1	Assente	Assente
K2	Assente	Assente
K3	Assente	Assente
K4	Assente	Assente

### 3.4.3. COROPHIUM ORIENTALE

La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento ( $\text{CdCl}_2$ )  $\text{LC}_{50} = 4,58$  ( $\text{LC} = 2,27 \text{ mg/l}$  e  $\text{UC} = 4,91 \text{ mg/l}$ ) 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. 3-XXII sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test eseguito durante i lavori di installazione della piattaforma.

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

**Tab. 3-XXII** – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test. In rosso i siti corrispondenti alla 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	37	8,08	0	> 85	15 ± 1	37	8,20	0	> 85
BO SE		38	8,07	1			37	8,02	1	
BO SW		38	8,08	1			37	8,07	0,5	
A3		36	8,03	0			36	8,00	0	
A6		36	8,04	0			36	8,01	0	
B3		36	8,03	0			36	8,05	0	
B6		36	8,05	0,5			36	8,03	0	
K1		37	8,10	0			36	8,05	0	
K2		37	8,04	0			36	8,02	0	
K3		37	8,05	0			36	8,03	0,5	
K4	37	8,08	0	36	8,00	0,5				

Confronto con il pre-survey - Il test eseguito durante i lavori di posa in opera non ha evidenziato alcuna variazione rispetto al pre-survey comprovando l'assenza di tossicità in tutti gli elutriati (Tab. 3-XXIV).

**Tab. 3-XXIII** - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al monitoraggio effettuato durante i lavori di installazione della piattaforma. In rosso i siti corrispondenti a Bonaccia NW.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti ( $\pm$ dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Giudizio
Controllo	100	1 $\pm$ 0,80	0	-
BO SE	100	6 $\pm$ 0,92	5	Assente
BO SW	100	8 $\pm$ 3,27	7	Assente
A3	100	5 $\pm$ 1,52	4	Assente
A6	100	18 $\pm$ 2,31	17	Assente
B3	100	8 $\pm$ 3,27	7	Assente
B6	100	7 $\pm$ 2,00	6	Assente
K1	100	9 $\pm$ 2,00	8	Assente
K2	100	10 $\pm$ 5,16	9	Assente
K3	100	11 $\pm$ 3,83	10	Assente
K4	100	11 $\pm$ 3,83	10	Assente

**Tab 3-XXIV** – Confronto tra il pre-survey (PS) e il campionamento condotto durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (DL).

Campione	PS	DL
BO SE	Assente	Assente
BO SW		Assente
A3	Assente	Assente
A6	Assente	Assente
B3	Assente	Assente
B6	Assente	Assente
K1	Assente	Assente
K2	Assente	Assente
K3	Assente	Assente
K4	Assente	Assente

#### 3.4.4. *CRASSOSTREA GIGAS*

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una  $EC_{50}$  di 8,09  $\mu$ g/l di Cu (LC=7,60 e UC=8,61) che rientra nei limiti della carta di controllo (5-45  $\mu$ g/l); la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Le riduzioni significative delle % di larve D-shape regolarmente sviluppate e i valori dell'EC20 e dell'EC50 relativi agli elutriati A6 e K4 hanno dimostrato la presenza di una tossicità cronica media (Tab. 3-XXV). Una tossicità bassa è stata riscontrata in A3 e K1, mentre nei siti rimanenti non è stata rilevata alcuna tossicità.

Confronto con il pre-survey – Il test con gli embrioni di *C.gigas* effettuato durante i lavori di installazione documenta un peggioramento delle proprietà ecotossicologiche degli elutriati A3, A6, K1 e K4 rispetto al pre-survey, mentre conferma l'assenza di tossicità in tutti gli altri campioni (Tab. 3-XXVI).

**Tab. 3-XXV** - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati durante i lavori di installazione. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma Bonaccia NW.

campione	Concentrazione	% media di larve normali $\pm$ dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		81 $\pm$ 1,15	19	0			
BO SE	100 50 25	64 $\pm$ 1,53 75 $\pm$ 1,53 81 $\pm$ 1,53	36 25 19	21 7 -1	94	>100	Assente
BO SW	100 50 25	65 $\pm$ 1,00 74 $\pm$ 1,15 81 $\pm$ 1,73	35 26 19	19 8 0	> 90	>100	Assente
A3	100 50 25	52 $\pm$ 2,08 62 $\pm$ 2,00 80 $\pm$ 2,00	48 38 20	35 23 1	53,2	>100	Bassa
A6	100 50 25	37 $\pm$ 2,31 57 $\pm$ 1,53 79 $\pm$ 2,52	63 43 21	54 30 2	42,1	87,1	Media
B3	100 50 25	69 $\pm$ 1,00 74 $\pm$ 2,08 81 $\pm$ 2,08	31 26 19	14 9 -1	> 90	>100	Assente
B6	100 50 25	65 $\pm$ 1,53 72 $\pm$ 1,53 81 $\pm$ 0,58	35 28 19	19 11 -1	> 90	>100	Assente
K1	100 50 25	54 $\pm$ 1,53 66 $\pm$ 1,53 81 $\pm$ 2,08	46 34 29	33 18 0	61,3	>100	Bassa
K2	100 50 25	70 $\pm$ 1,53 78 $\pm$ 1,53 80 $\pm$ 1,53	30 22 20	13 4 0	> 90	>100	Assente
K3	100 50 25	74 $\pm$ 0,58 77 $\pm$ 2,00 81 $\pm$ 1,15	26 23 19	9 5 0	> 90	>100	Assente
K4	100 50 25	41 $\pm$ 1,53 60 $\pm$ 1,53 79 $\pm$ 1,53	59 40 22	49 25 3	45,7	98,9	Media

**Tab 3-XXVI** – Confronto tra il pre-survey (PS) e il campionamento condotto durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (DL).

Campione	PS	DL
BO SE	Assente	Assente
BO SW		Assente
A3	Assente	Bassa
A6	Assente	Media
B3	Assente	Assente
B6	Assente	Assente
K1	Assente	Bassa
K2	Assente	Assente
K3	Assente	Assente
K4	Assente	Media

### 3.4.5. 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 durante i lavori di posa in opera della piattaforma, sono riportati

in Tab. 3-XXVII, mentre in Tab. 3-XXVIII sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo.

Le percentuali di mortalità maggiori dei policheti sono state osservate nei sedimenti campionati dai siti B3, K2 e BO NW. Negli altri campioni la mortalità dei policheti è risultata confrontabile con quella del controllo.

**Tab. 3-XXVII** - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti 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	36	7,98	0,5	> 85	15 ± 1	34	8,06	5	> 85
BO SE		36	8,05	1			37	8,05	0-0,5	
BO SW		36	8,10	0,5			37	8,00	3	
A3		37	8,02	0			37	8,04	0	
A6		37	8,03	0			36	8,03	0	
B3		37	8,01	0			37	8,05	2	
B6		36	8,03	0			36	8,03	0	
K1		36	7,98	0			36	8,05	0	
K2		36	8,00	0			37	8,04	0	
K3		37	7,98	0			37	8,05	0	
K4		36	7,91	0			38	8,00	0	

**Tab. 3-XXVIII** - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto durante i lavori di installazione. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	27	4 ± 6,42
BO SE	27	4 ± 6,42
BO SW	27	19 ± 6,00
A3	27	15 ± 6,42
A6	27	7 ± 6,42
B3	27	30 ± 6,42
B6	27	11 ± 0,00
K1	27	11 ± 0,00
K2	27	30 ± 6,42
K3	27	15 ± 6,42
K4	27	11 ± 0,00

In Tab. 3-XXIX e in fig. 3.61 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. 3-XXX mostra le differenze tra le concentrazioni dei

metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* dopo l'esposizione ai sedimenti testati e quelle determinate nel bianco (0').

**Tab. 3-XXIX** - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel survey condotto durante i lavori di installazione. (bianco = tempo zero 0' - organismi spurgati/non esposti ai sedimenti). In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti alla piattaforma. 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.	0,98	n.r.	0,22	n.r.	26,26	474,97	1,28	n.r.	n.r.	105,22	n.r.	141,470	0,101
Controllo	n.r.	1,21	n.r.	0,19	n.r.	20,01	353,53	1,95	n.r.	n.r.	70,62	n.r.	133,320	0,140
<b>BO SE</b>	n.r.	<b>1,07</b>	n.r.	<b>0,19</b>	<b>2,09</b>	<b>19,87</b>	<b>394,01</b>	<b>3,50</b>	n.r.	n.r.	<b>107,21</b>	n.r.	<b>141,325</b>	<b>0,121</b>
<b>BO SW</b>	n.r.	<b>1,19</b>	n.r.	<b>0,23</b>	n.r.	<b>20,80</b>	<b>373,57</b>	<b>2,94</b>	n.r.	n.r.	<b>105,01</b>	n.r.	<b>132,476</b>	<b>0,130</b>
A3	n.r.	1,01	n.r.	0,21	n.r.	20,88	373,99	3,32	n.r.	n.r.	83,15	n.r.	154,720	0,143
A6	n.r.	1,02	n.r.	0,20	n.r.	21,47	354,69	3,04	n.r.	n.r.	105,44	n.r.	140,420	0,127
B3	n.r.	1,07	n.r.	0,18	n.r.	15,84	314,93	3,14	n.r.	n.r.	98,33	n.r.	112,576	0,154
B6	n.r.	1,01	n.r.	0,20	n.r.	20,51	361,81	5,10	n.r.	n.r.	104,46	n.r.	124,952	0,132
K1	n.r.	0,97	n.r.	0,19	n.r.	18,01	348,55	2,77	n.r.	n.r.	136,76	n.r.	129,036	0,140
K2	n.r.	0,84	n.r.	0,19	n.r.	16,40	320,89	4,28	n.r.	n.r.	105,72	n.r.	106,652	0,114
K3	n.r.	1,12	n.r.	0,21	n.r.	21,51	357,20	3,71	n.r.	n.r.	100,52	n.r.	148,894	0,135
K4	n.r.	0,97	n.r.	0,22	n.r.	18,24	337,64	3,22	n.r.	n.r.	98,73	n.r.	125,981	0,131

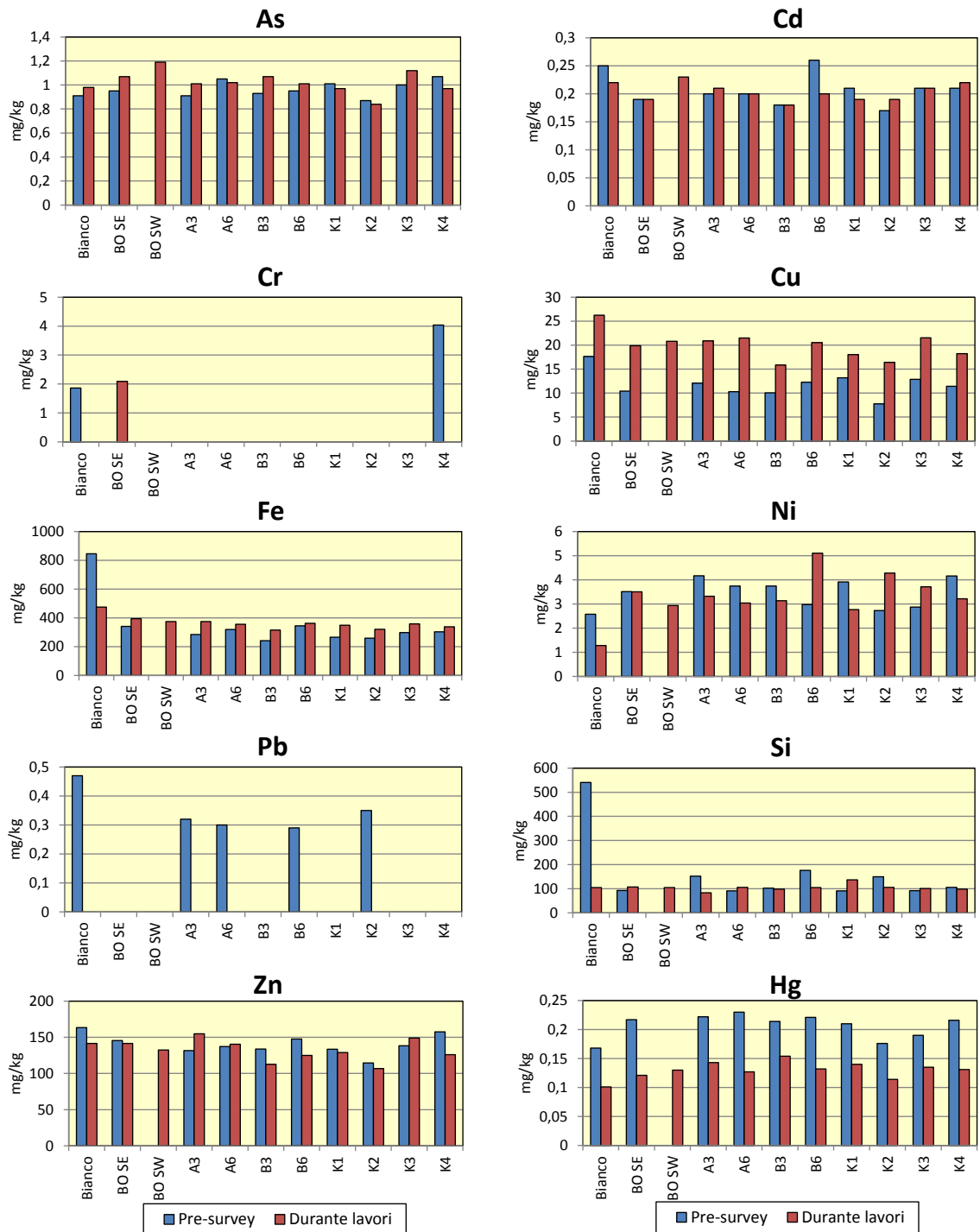
**Tab. 3-XXX** - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti al sedimento di controllo e ai sedimenti da testare e il bianco (0'). In rosso sono indicate le stazioni corrispondenti alla piattaforma. In grassetto sono evidenziati i valori che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

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	n.c.	<b>0,23</b>	n.c.	-0,03	n.c.	-6,25	-121,44	<b>0,67</b>	n.c.	n.c.	-34,60	n.c.	-8,150	<b>0,039</b>
<b>BO SE</b>	n.c.	<b>0,09</b>	n.c.	<b>-0,03</b>	<b>2,09</b>	<b>-6,39</b>	<b>-80,96</b>	<b>2,22</b>	n.c.	n.c.	<b>1,99</b>	n.c.	<b>-0,145</b>	<b>0,020</b>
<b>BO SW</b>	n.c.	<b>0,21</b>	n.c.	<b>-0,01</b>	n.c.	<b>-5,46</b>	<b>-101,40</b>	<b>1,66</b>	n.c.	n.c.	<b>-0,21</b>	n.c.	<b>-8,994</b>	<b>0,029</b>
A3	n.c.	0,03	n.c.	-0,01	n.c.	-5,38	-100,98	<b>2,04</b>	n.c.	n.c.	-22,07	n.c.	13,250	<b>0,042</b>
A6	n.c.	0,04	n.c.	-0,02	n.c.	-4,79	-120,28	<b>1,76</b>	n.c.	n.c.	0,22	n.c.	-1,050	<b>0,026</b>
B3	n.c.	0,09	n.c.	-0,04	n.c.	-10,42	-160,04	<b>1,86</b>	n.c.	n.c.	-6,89	n.c.	-28,894	<b>0,053</b>
B6	n.c.	0,03	n.c.	-0,02	n.c.	-5,75	-113,16	<b>3,82</b>	n.c.	n.c.	-0,76	n.c.	-16,518	<b>0,031</b>
K1	n.c.	-0,01	n.c.	-0,03	n.c.	-8,25	-126,42	<b>1,49</b>	n.c.	n.c.	<b>31,54</b>	n.c.	-12,434	<b>0,039</b>
K2	n.c.	-0,14	n.c.	-0,03	n.c.	-9,86	-154,09	<b>3,00</b>	n.c.	n.c.	0,50	n.c.	-34,818	0,013
K3	n.c.	0,14	n.c.	-0,01	n.c.	-4,75	-117,77	<b>2,42</b>	n.c.	n.c.	-4,70	n.c.	7,424	<b>0,034</b>
K4	n.c.	-0,01	n.c.	0	n.c.	-8,02	-137,33	<b>1,94</b>	n.c.	n.c.	-6,49	n.c.	-15,489	<b>0,030</b>

I livelli di **Al**, **Ba**, **In**, **Pb** e **V** sono risultati al di sotto dei limiti di quantificazione in tutti gli organismi test, dimostrando la mancanza di biodisponibilità di questi metalli.

Per **Cd**, **Cu**, **Fe** e **Zn** è stata rilevata la tendenza al rilascio. **As** è stato accumulato solo nel controllo risultando in linea con il bianco in tutti i sedimenti testati, mentre **Cr** e **Si** sono risultati bioaccumulati esclusivamente in BO SE e K1 rispettivamente. Sono stati invece rilevati aumenti significativi delle concentrazioni di **Ni** rispetto al bianco in tutte le stazioni

e di Hg ovunque eccetto BO SE e K2.



**Fig. 3.61** - Concentrazioni dei metalli pesanti rilevate negli organismi di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti da testare e nel bianco nel presurvey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. Non sono riportati Al, Ba, In e V in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

Confronto con il pre-survey – In Tab. 3-XXXI sono riportate 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') sia nel pre-survey che durante i lavori di installazione.

Gli ultimi risultati hanno dimostrato solo un cambiamento parziale della disponibilità dei metalli. In particolare, si nota un'evidente espansione spaziale della biodisponibilità di Ni, ora presente anche in B6 e nei controlli K2 e K3. E' stato rilevato un peggioramento per Si in K1, dunque non correlabile ai lavori in corso, e di Cr in BO SE, mentre è stata confermata la biodisponibilità di Hg ovunque.

**Tab. 3-XXXI** - Confronto tra i livelli di bioaccumulo rilevati nel pre-survey e nel campionamento effettuato durante le operazioni di posa in opera della piattaforma. In grassetto i valori significativi. In rosso i siti corrispondenti a Bonaccia NW.

	Al		As		Ba		Cd		Cr		Cu		Fe	
	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL
Controllo	n.c.	n.c.	0,10	<b>0,23</b>	n.c.	n.c.	0,04	-0,03	n.c.	n.c.	-5,98	-6,25	-407,40	-121,44
<b>BO SE</b>	n.c.	n.c.	<b>0,04</b>	<b>0,09</b>	n.c.	n.c.	<b>-0,06</b>	<b>-0,03</b>	n.c.	<b>2,09</b>	<b>-7,21</b>	<b>-6,39</b>	<b>-504,93</b>	<b>-80,96</b>
<b>BO SW</b>		n.c.		<b>0,21</b>		n.c.		<b>0,01</b>		n.c.		<b>-5,46</b>		<b>-101,40</b>
A3	n.c.	n.c.	0	0,03	n.c.	n.c.	-0,06	-0,01	n.c.	n.c.	-5,55	-5,38	-560,73	-100,98
A6	n.c.	n.c.	0,14	0,04	n.c.	n.c.	-0,06	-0,02	n.c.	n.c.	-7,34	-4,79	-526,20	-120,28
B3	n.c.	n.c.	0,02	0,09	n.c.	n.c.	-0,07	-0,04	n.c.	n.c.	-7,58	-10,42	-604,61	-160,04
B6	n.c.	n.c.	0,04	0,03	n.c.	n.c.	0,01	-0,02	n.c.	n.c.	-5,38	-5,75	-500,03	-113,16
K1	n.c.	n.c.	0,10	-0	n.c.	n.c.	-0,04	-0,03	n.c.	n.c.	-4,44	-8,25	-579,70	-126,42
K2	n.c.	n.c.	-0,04	-0,14	n.c.	n.c.	-0,08	-0,03	n.c.	n.c.	-9,88	-9,86	-585,98	-154,08
K3	n.c.	n.c.	0,09	0,14	n.c.	n.c.	-0,05	-0,01	n.c.	n.c.	-4,78	-4,75	-548,05	-117,77
K4	n.c.	n.c.	0,16	-0	n.c.	n.c.	-0,05	0	n.c.	n.c.	-6,22	-8,02	-542,73	-137,33

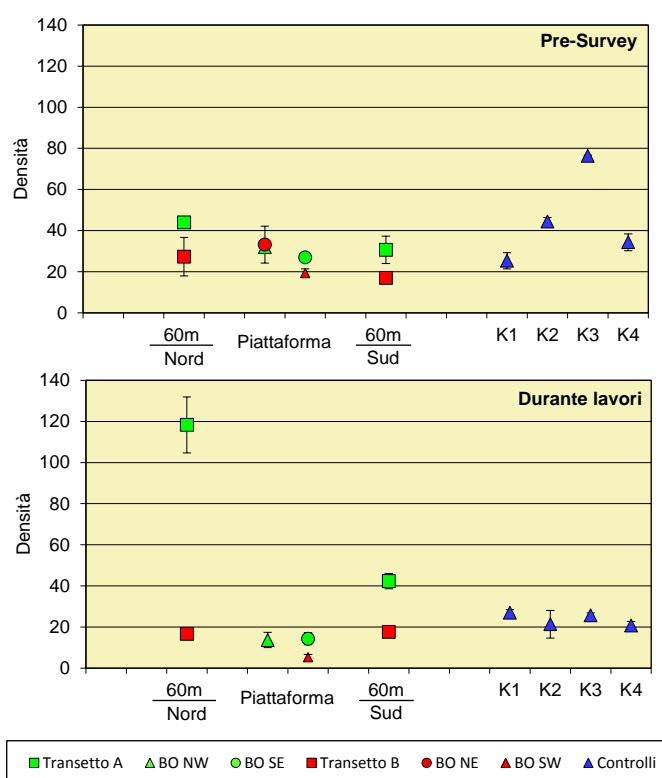
	Ni		In		Pb		Si		V		Zn		Hg	
	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL
Controllo	-1,21	<b>0,67</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-436,22	-34,60	n.c.	n.c.	10,970	-8,150	<b>0,088</b>	<b>0,039</b>
<b>BO SE</b>	<b>0,93</b>	<b>2,22</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	<b>-447,23</b>	<b>1,99</b>	n.c.	n.c.	<b>-17,800</b>	<b>-0,145</b>	<b>0,049</b>	<b>0,020</b>
<b>BO SW</b>		<b>1,66</b>		n.c.		n.c.		<b>-0,21</b>		n.c.		<b>-8,994</b>		<b>0,029</b>
A3	<b>1,59</b>	<b>2,04</b>	n.c.	n.c.	-0,15	n.c.	-388,10	-22,07	n.c.	n.c.	-31,550	13,250	<b>0,054</b>	<b>0,042</b>
A6	<b>1,16</b>	<b>1,76</b>	n.c.	n.c.	-0,17	n.c.	-449,01	0,22	n.c.	n.c.	-26,010	-1,050	<b>0,062</b>	<b>0,026</b>
B3	<b>1,16</b>	<b>1,86</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-437,64	-6,89	n.c.	n.c.	-29,650	-28,894	<b>0,046</b>	<b>0,053</b>
B6	0,40	<b>3,82</b>	n.c.	n.c.	-0,18	n.c.	-364,38	-0,76	n.c.	n.c.	-15,650	-16,518	<b>0,053</b>	<b>0,031</b>
K1	<b>1,33</b>	<b>1,49</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-449,11	<b>31,54</b>	n.c.	n.c.	-29,850	-12,434	<b>0,042</b>	<b>0,039</b>
K2	0,15	<b>3,00</b>	n.c.	n.c.	-0,12	n.c.	-390,59	0,50	n.c.	n.c.	-48,860	-34,818	<b>0,008</b>	<b>0,013</b>
K3	0,29	<b>2,43</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-447,70	-4,70	n.c.	n.c.	-24,900	7,424	<b>0,022</b>	<b>0,034</b>
K4	<b>1,58</b>	<b>1,94</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-434,56	-6,49	n.c.	n.c.	-5,820	-15,489	<b>0,048</b>	<b>0,030</b>



### 3.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

#### 3.5.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

Nel campionamento condotto durante i lavori di installazione di Bonaccia NW è avvenuta una riduzione dei valori di Densità (N) nei siti corrispondenti alla piattaforma rispetto al pre-survey, dove l'indice ha raggiunto il minimo in BO SW ( $5,33 \pm 1,33$  ind/ $0,095$  m<sup>2</sup>; fig. 3.62). Nelle stazioni a 60 m di distanza lungo B non sono avvenute variazioni, mentre in quelli lungo A è stato registrato un incremento, soprattutto in A3 in cui è stato raggiunto il massimo assoluto ( $118,33 \pm 13,62$  ind/ $0,095$  m<sup>2</sup>).



**Fig. 3.62** – Densità ( $\pm$  e.s.) registrate presso i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. In quest'ultimo survey non è stato possibile campionare la stazione BO NE.

Nei siti di controllo N è oscillata da un minimo di  $20,67 \pm 2,03$  (K4) a un massimo di  $27,00 \pm 1,53$  (K1) ind/ $0,095$  m<sup>2</sup>, mostrando anche in questo caso una riduzione del numero di individui campionati rispetto al pre-survey eccetto in K1 rimasto invariato, e risultando simili ai siti posti lungo il transetto B, BO NW e BO SE.

Il decapode *Upogebia deltaura* è risultato la specie più abbondante in quasi tutte le stazioni a Ovest della piattaforma (A3, BO NW e B6), mentre in quelle posizionate a Est (B3, A6 e BO SE) hanno prevalso numericamente i policheti paraonidi, analogamente a quanto

riscontrato nel pre-survey (Tabb. 3-XXXII e 3-XXXIII). Solo in BO SW si è registrata una maggiore quantità del polichete *Marphysa belli*. Notevolmente ridotta è risultata l'abbondanza di *Ophelina cylindricaudata*, non sempre presente a differenza del pre-survey in cui questo polichete rappresentava la seconda o, addirittura, la prima specie più numerosa in tutte le stazioni.

Presso i controlli, invece, non si sono avute particolari variazioni rispetto al campionamento precedente essendo i policheti paraonidi e *O. cylindricaudata* il primo e/o il secondo taxon più numeroso. In questi siti ha però subito un decremento il polichete *Aphelochaeta filiformis*, che era risultato importante in K2, K3 e K4.

**Tab. 3-XXXII** – Lista e densità (n. ind/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il **pre-survey**. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. DE = Biocenosi del Detritico Infangato; Lim = limicolo; Sab = sabulicolo; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; C = Bioc. del Coralligeno; HP = Bioc. delle praterie di *Posidonia*; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Bioc. del Detritico infangato; MI = Bioc. dei Fondi Mobili Instabili; Minut = minucicolo; Mixt = misticolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; Sm = substrato mobile; SGCF = Bioc. delle Ghiaie Fini sotto l’influsso delle Correnti di Fondo; MO = indicatore della presenza di materia organica; SVMC = Bioc. delle Sabbie Infangate di Moda Calma.

Stazione	Biocenosi	Transecto A				Transecto B				Controllo			
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
<b>Distanza dalla futura piattaforma (m)</b>		60	0	0	60	60	0	0	60	2000	2000	2000	2000
<b>Cnidari</b>													
Antozoi	Actiniaria nd	-							0,33		0,67		
	Hydroidea nd	0,33		0,33								1,00	
<b>Crostacei</b>													
Anfipodi	<i>Ampelisca diadema</i>	DE	1,33									0,67	
	<i>Carangoliopsis spinulosa</i>	VTC			0,33								
	<i>Eriopisa elongata</i>	VB	0,67		0,33								
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC	0,33	0,33						0,33		1,00	
	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	MO								0,33			
	<i>Liljeborgia psaltrica</i>	DC		0,33									
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC	1,33	1,00									
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt			0,33					0,33		0,33	0,33
	<i>Perioculodes longimanus</i>	SFBC										0,33	
	<i>Podopriion bolivari</i>	C		0,67									
		<i>Stenothoe</i> sp	-	0,33									
		<i>Stenothoe tergestina</i>	C	0,33									
Copepodi	<i>Copepoda</i> nd	-								0,33			
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC			1,00		0,44						
	<i>Callianassa subterranea</i>	Lim	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	0,33	1,00	1,33	2,33	0,67	1,67
	<i>Chlorotocus crassicomis</i>	VB						0,33					
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,67	0,33	0,33	0,33			0,33	0,33	0,33		0,33
	<i>Processa</i> sp	-										0,67	
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL	0,67		0,33	0,67			0,33			3,33	0,33
Isopodi	<i>Anthurus gracilis</i>	Lim			0,33								
	<i>Gnathia</i> sp	-	0,33										
	<i>Paragnathia</i> sp	-	0,33										
Misidiacei	<i>Misidiacea</i> nd	-	0,67										
Tanaidacei	<i>Leptochelia savignyi</i>	C											0,67
<b>Echinodermi</b>													
Echinoidi	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB		0,33									
Oloturoidei	<i>Holothuroidea</i> nd	-							0,33				
<b>Molluschi</b>													
Bivalvi	<i>Abra nitida</i>	VTC				0,33							
	<i>Abra prismatica</i>	DC				0,33							
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd	0,33										
	<i>Kellia suborbicularis</i>	DC										0,33	
	<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC											0,67
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim			0,33	0,33	0,67	0,33	0,33				0,67
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim				0,33							
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim										1,00	
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre									0,67	3,33	
	<i>Bela brachystoma</i>	Lre	0,33										
Gasteropodi	<i>Cylichna cylindracea</i>	SFBC						0,33					
	<i>Hyala vitrea</i>	VTC	0,33	0,33		0,33		0,33	1,33	0,33		2,00	3,67
	<i>Melanella polita</i>	DC			0,33								
	<i>Turritella communis</i>	VTC	0,67		0,33	0,33	0,33	1,67		1,00		1,33	1,00
<b>Nemertini</b>													
Nemertea	nd	-	0,33										1,67
<b>Policheti</b>													
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,67	0,67	1,67	0,33		0,67		1,00	3,00	8,33	
	<i>Ampharetidae</i> nd	-	0,33		0,33				0,33		1,67	5,00	
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB									0,33		
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	1,33	0,67	1,33	1,00	0,33	0,44	0,33	3,00	5,00	9,33	0,67
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	2,33		1,00		0,33	1,44	0,33			0,67	0,67
	<i>Aponuphis bilineata</i>	SGCF			0,67				0,67				
	<i>Aponuphis brementi</i>	Lim						0,44			0,33	1,00	
	<i>Capitella capitata</i>	MO				0,33							
	<i>Capitellidae</i> nd	-						0,33					
	<i>Chaetopteridae</i> nd	-		0,33		0,33							
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim			0,33					0,33			
	<i>Chirimia biceps</i>	MO						0,33					0,33
	<i>Cirratulidae</i> nd	-	0,33				0,33		0,33		0,33	1,00	0,33
	<i>Eupanthalis kinbergi</i>	DE	0,33										
	<i>Glycera rouxii</i>	MO	1,00	1,00	0,33	0,67		0,33	0,33	0,67	0,67	0,67	1,00
	<i>Goniada maculata</i>	VTC	0,33										
	<i>Harmothoe</i> sp	-		0,33	0,33								
	<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC			1,33	0,33			0,33	0,33	0,33		0,33
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab					0,33				1,00		
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,00	0,67	0,33	1,67	1,00	1,22	0,33	1,00	0,33	0,67	0,67
	<i>Melinna palmata</i>	Minut						0,33	0,33			0,33	0,33
	<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	Sab			0,33	0,33							
	<i>Minuspio cirrifera</i>	MO	0,67	1,33		1,00			0,33	0,33	1,00	2,00	
	<i>Nephtys hystrix</i>	VTC	1,00	0,67	1,33	0,33	0,33	1,11	0,33	0,33	0,67	0,33	0,33
	<i>Nereididae</i> nd	-						0,33					
	<i>Ninoe</i> sp	-	0,33			0,33		0,44					

Tab. 3-XXXII – Continuo.

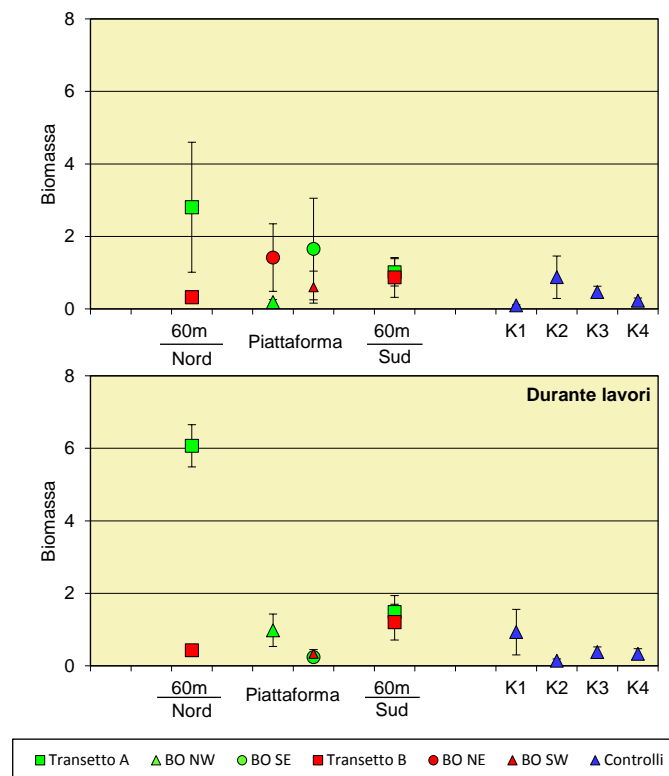
Stazione	Biocenosi	Transetto A				Transetto B				Controllo				
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	
<b>Distanza dalla futura piattaforma (m)</b>		<b>60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>	
<b>Policheti</b>														
	<i>Notomastus aberans</i>	MO	1,00	2,33		1,67	1,67		2,00	0,33	2,00	4,00	1,33	0,67
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	9,00	4,33	3,33	3,33	4,33	3,33	3,00	5,00	4,33	3,00	2,33	4,33
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab				0,33		0,44					0,33	
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	1,67	2,67		1,00	2,00	1,00	2,00	0,33	1,00	3,67	5,33	3,00
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	3,33		1,00	0,67	2,00	0,33	1,00	0,67	1,67	1,00	1,00	0,67
	Paraonidae nd	-	7,67	5,00	5,00	6,33	6,67	13,22	3,00	2,67	4,33	8,00	13,33	7,00
	<i>Pectinaria koreni</i>	Sab				0,33								
	<i>Phylo foetida</i>	SVMC				0,33								
	<i>Phylo norvegica</i>	Lim			0,33									
	Pilargidae nd	-	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33				0,33		1,00	0,33
	<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC											0,33	0,33
	<i>Prionospio ehlersi</i>	Mixt	0,33						0,33			0,33		
	<i>Prionospio sp</i>	-				0,33	0,33			0,33				
	<i>Prionospio steenstrupi</i>	Lre		0,33										
	Sabellidae nd	-	0,33										0,33	
	<i>Scoletoma fragilis</i>	Lim										0,67		
	<i>Scoletoma sp</i>	-		0,67				0,78						
	<i>Scoloplos amiger</i>	Lre	0,33	0,33	0,33		0,33	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33
	Spionidae nd	-			0,33	0,33							0,33	
	<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC		0,33										
	<i>Sternaspis scutata</i>	VTC			0,33									
	Syllidae juv	-										0,33		0,33
	<i>Syllis sp</i>	-	0,33					0,44						
	Terebellidae nd	-				0,67								
	<i>Terebellides stroemi</i>	MO										0,33		
<b>Sipunculidi</b>														
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	0,33	0,67							0,67	0,67	1,33	2,33
	<i>Phascolion strombus</i>	Lre											0,33	0,67
	<i>Sipuncula nd</i>	-	1,33	1,00	1,33	2,00	2,33	1,78	0,67	1,00	1,00	1,33	1,33	1,33
<b>Densità totale</b>			<b>44,00</b>	<b>32,00</b>	<b>27,00</b>	<b>30,67</b>	<b>27,33</b>	<b>33,22</b>	<b>19,33</b>	<b>17,00</b>	<b>25,33</b>	<b>44,33</b>	<b>76,33</b>	<b>34,33</b>
<b>Ricchezza specifica totale</b>			<b>37</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>39</b>	<b>29</b>

**Tab. 3-XXXIII** – Lista e densità (n. ind/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel survey condotto **durante i lavori di installazione**. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXXII.

Stazione	Biocenosi	Transetto A				Transetto B				Controlli				
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	
Distanza dalla futura piattaforma (m)		60	0	0	60	60	0	0	60	2000	2000	2000	2000	
<b>Briozoi</b>	Briozoa nd	-	0,33											
<b>Cnidari</b>	Actiniaria nd	-								0,33				
	Hydroidea nd	-	0,33	0,33	0,33					0,33	0,33			
<b>Crostacei</b>														
Anfipodi	<i>Eriopisa elongata</i>	VB	0,67							0,33				
	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	MO			0,33								0,33	
	<i>Othoana schmidtii</i>	VB	0,33	0,33										
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt	0,33	0,33	0,33								0,33	
Cumacei	Cumacea nd	-											0,33	
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt											0,33	
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC	0,33	0,33	1,00	0,67		0,33					0,67	
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	3,00	2,67	1,67	5,00	0,33	0,33	2,00	3,00	1,00		1,00	
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	1,00			0,33		0,67	1,00	0,33				
	<i>Liocarcinus maculatus</i>	Sab	0,33											
	<i>Processa</i> sp	-		0,33	0,67									
	<i>Solenocera membranacea</i>	VB			0,33				0,33					
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL	73,67	5,67	1,33	2,67	0,33		5,33	0,33				
Isopodi	<i>Cirolana borealis</i>	Lre			0,33									
	<i>Eurydice</i> sp	-	4,67	1,67	0,67									
Stomatopodi	<i>Rissoides desmaresti</i>	HP	0,33											
<b>Molluschi</b>														
Bivalvi	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lre	0,33											
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim								0,33				
Gasteropodi	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC	0,33	0,33		0,33		0,33	0,33		0,33		0,67	
	<i>Turritella communis</i>	VTC	1,00		1,00	0,67						0,33		
<b>Nemertini</b>	Nemertea nd	-	0,67	0,33	0,33							0,33	0,33	
<b>Policheti</b>														
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC			0,67							0,33	0,33	
	<i>Aphelocheata filiformis</i>	MO	2,00	1,00	0,67	0,33		0,33	1,00	0,67	0,33	0,67	0,33	
	<i>Aphelocheata marioni</i>	MO	0,67			0,67						0,33	0,33	
	<i>Aponuphis brementi</i>	Lim									1,67			
	Capitellidae nd	-				0,33						0,33		
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,33									0,33		
	Cirratulidae nd	-										0,33		
	<i>Eteone picta</i>	Sab			0,33									
	<i>Glycera alba</i>	Lim			1,00	0,33				0,33				
	<i>Glycera rouxii</i>	MO										1,00	1,00	
	<i>Glycera</i> sp	-	0,33	1,00	1,00	0,33		0,33	0,67		0,67	0,33		
	<i>Harmothoe</i> sp	-		0,33	0,33									
	<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC								0,67			0,33	
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	1,00							0,33	1,00	0,67	0,33	
	Maldanidae nd	-										0,33	0,33	
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,00	0,67	0,67	0,67		1,00	0,67	1,00		1,00	1,00	
	<i>Melinna palmata</i>	Minut	0,33											
	<i>Minuspio cirrifera</i>	MO	2,00	0,33		0,33			0,33	0,33				
	<i>Nephtys hystrix</i>	VTC	0,67			1,67	0,33			0,33	0,33	1,33	1,00	
	<i>Ninoe</i> sp	-				0,67				0,33			0,33	
	<i>Notomastus aberans</i>	MO	1,67	0,33	0,67		0,67		0,67	1,00	1,00	0,33	0,67	
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	5,67			3,00	2,00		2,00	4,67	3,00	4,67	4,33	
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab				0,67				0,33				
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	1,33			1,33	1,33		0,33	0,33	2,00	1,67	1,33	
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	1,00	0,33		1,33	1,00		0,33	0,67	0,67	0,67	0,33	
	Paraonidae nd	-	9,00	0,33	4,67	9,00	4,33		0,33	2,00	6,33	6,00	3,00	
	Phyllodocidae nd	-												
	<i>Phylo norvegica</i>	Lim										0,33		
	Pilargidae nd	-			1,00					0,67				
	<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab											0,33	
	<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC											0,33	
	<i>Prionospio</i> sp	-			1,00						0,33		0,33	
	Sabellidae nd	-											0,33	
	<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim	0,33			0,67							0,33	
	<i>Scoletoma</i> sp	-	1,00											
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	0,33			0,67							0,67	
	Sphaerodoridae nd	-											0,33	
	Spionidae nd	-	1,00							0,67				
	<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC											0,33	
	Terebellidae nd	-											0,33	
<b>Sipunculidi</b>														
	<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO				0,33					0,33			
	<i>Onchesoma steenstrupi</i>	VB	0,33	0,67	0,67	1,67	1,00			1,67	1,67	0,33	1,00	
	<i>Sipuncula</i> nd	-	1,00	0,67		2,00	0,67		0,67	0,33	0,67	1,33	1,00	
<b>Densità totale</b>			<b>118,33</b>	<b>13,67</b>	<b>14,33</b>	<b>42,33</b>	<b>16,67</b>		<b>5,33</b>	<b>17,67</b>	<b>27,00</b>	<b>21,33</b>	<b>25,67</b>	<b>20,67</b>
<b>Ricchezza specifica totale</b>			<b>35</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>20</b>		<b>11</b>	<b>16</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>29</b>	<b>24</b>

In termini di biomassa (fig. 3.63), in prossimità della piattaforma i valori sono risultati estremamente bassi e compresi tra  $0,24 \pm 0,08$  (BO SE) e  $6,07 \pm 0,58$  gr  $0,095/m^2$  (A3).

Tutti i siti campionati entro 60 m dall'impianto hanno comunque mostrato valori di P confrontabili con quelli ottenuti durante il pre-survey, ad eccezione di A3 e BO NW che hanno evidenziato un aumento correlato alla presenza di numerosi individui di notevoli dimensioni del crostaceo decapode *U. deltaura* e, nel caso di BO NW, anche di altri taxa come il polichete *M. belli* e Nemertea nd (Tabb. 3-XXXIV e 3-XXXV). Tutti i valori ottenuti, ad eccezione della stazione A3, sono risultati confrontabili con quelli relativi ai controlli ( $0,14 \pm 0,05 \leq P \leq 0,93 \pm 0,63 \text{ gr}/0,095 \text{ m}^2$ ).



**Fig. 3.63** – Biomassa ( $\pm$  e.s.) registrata presso i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. In quest'ultimo survey non è stato possibile campionare la stazione BO NE.

**Tab. 3-XXXIV** – Lista e biomassa (gr/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il pre-survey. \* = <0,001 gr/0,095 m<sup>2</sup>.

Stazione	Transetto A				Transetto B				Controllo			
	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla futura piattaforma (m)	60	0	0	60	60	0	0	60	2000	2000	2000	2000
<b>Cnidari</b>												
Antozoi								0,005		0,023		
Idrozoi			0,014								0,001	
<b>Crostacei</b>												
Anfipodi		0,002									*	
<i>Ampelisca diadema</i>				0,001								
<i>Carangoliopsis spinulosa</i>				*								
<i>Eriopisa elongata</i>		0,001										
<i>Harpinia dellavallei</i>		*	0,001						*		0,001	
<i>Leucothoe liljeborgi</i>									*			
<i>Liljeborgia psaltrica</i>		*							*			
<i>Orchomene grimaldii</i>		0,001									*	*
<i>Paraphoxus oculatus</i>			*						*		*	
<i>Pericolodes longimanus</i>											*	
<i>Podopnion bolivari</i>		0,002									*	
<i>Stenothoe sp</i>												
<i>Stenothoe tergestina</i>		*										
Copepodi									*			
Decapodi				0,146		0,123						
<i>Alpheus glaber</i>				0,033	0,065	0,018						
<i>Callinassa subterranea</i>	0,072	0,033	0,027				0,007	0,031	0,063	0,094	0,007	0,055
<i>Chlorotocus crassicornis</i>							0,301					
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,921	0,044	0,216	*				0,002	0,002	0,005		0,051
<i>Processa sp</i>				0,018							*	
<i>Upogebia deltaura</i>	0,010		*	0,001			*				0,099	0,001
Isopodi			*									
<i>Anthura gracilis</i>			*									
<i>Gnathia sp</i>	*											
<i>Paragnathia sp</i>	*											
Misidiacei		0,002										
Tanaidacei												*
<i>Leptocheilia savignyi</i>												*
<b>Echinodermi</b>												
Echinoidi			0,725									
Oloturoidei								*				
<b>Molluschi</b>												
Bivalvi					0,004							
<i>Abra nitida</i>					*							
<i>Abra prismatica</i>												
<i>Hiatella arctica</i>	0,005										*	
<i>Kellia suborbicularis</i>												*
<i>Kurtiella bidentata</i>												*
<i>Nucula nitidosa</i>			0,176	0,014	*	*	0,174					0,020
<i>Thyasira biplicata</i>				0,002								
<i>Thyasira succisa</i>											0,001	
<i>Timoclea ovata</i>										0,067	0,041	
Gasteropodi	0,001											
<i>Bela brachystoma</i>												
<i>Cylichna cylindracea</i>		*		*		*		*	*			
<i>Hyala vitrea</i>	*	*		*			0,002	*	*		0,002	0,004
<i>Melanella polita</i>			0,006									
<i>Turritella communis</i>	0,484	0,280	0,245	0,017	1,114			0,537		0,539	0,153	
<b>Nemertini</b>												
Nemertea		0,001									0,016	
<b>Policheti</b>												
<i>Ampharete acutifrons</i>	*	*	0,001	*		*			0,001	*	0,002	
Ampharetidae	*	*	*							*	0,002	0,020
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>										*		
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	0,001	*	*	*	*	0,001	*	*	0,001	0,001	0,002	*
<i>Aphelochaeta marioni</i>	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001
<i>Aponuphis bilineata</i>			0,001				0,001				0,005	0,035
<i>Aponuphis brementi</i>						0,001				0,005	0,035	
<i>Capitella capitata</i>				*								
Capitellidae						0,002						
Chaetopteridae		0,004		0,289								
<i>Chaetozone caputesocis</i>			0,002					0,004		0,009		
<i>Chirimia biceps</i>								*				*
Cirratulidae	*				0,023		0,036			0,018	0,001	0,005
<i>Eupanthalis kinbergi</i>	1,243											
<i>Glycera rouxii</i>	0,029	*	0,026	0,013		*	0,013	0,075	0,003		0,008	0,010
<i>Goniada maculata</i>	*									0,001		
<i>Harmothoe sp</i>		0,002	*									
<i>Labioleanira yhleni</i>			0,090	0,001			0,044		0,001	0,001		0,001
<i>Lumbrineris gracilis</i>					*					0,003		
<i>Marphysa bellii</i>	0,014	0,063	0,014	0,044	0,071	0,100	0,004	0,164	0,003	0,028	0,046	0,048
<i>Melinna palmata</i>						0,001	0,001				0,001	0,001
<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>			*	*					*	*	*	*
<i>Minuspio cirrifera</i>	*	*		*			*	*	*	*	*	*
<i>Nephtys hystricis</i>	0,011	0,004	0,059	0,002	0,031	0,044	*	0,041	0,002	0,009	0,002	*
Nereididae					*							
<i>Ninoe sp</i>	*			*	0,092	*						
<i>Notomastus aberans</i>	0,001	0,016		0,006	0,003		0,012	*	0,015	0,054	0,013	0,016
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	*	*	*	0,001	*	*	0,005	*	*	*	0,001
<i>Ophiodromus flexuosus</i>				*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,002	0,001		*	0,002	0,001	0,002	*	0,002	0,005	0,005	0,003

Tab. 3-XXXIV – Continuo.

Stazione	Transetto A				Transetto B				Controllo			
	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla futura piattaforma (m)	60	0	0	60	60	0	0	60	2000	2000	2000	2000
<b>Policheti</b>												
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,001		*	*	*	*	0,001	*	0,001	0,001	0,001	*
Paronidae nd	0,001	*	0,001	0,001	*	0,001	*	*	0,001	0,002	0,002	0,001
<i>Pectinaria koreni</i>				0,010								
<i>Phylo foetida</i>				0,002								
<i>Phylo norvegica</i>			0,004									
Pilargidae nd	*	*	*	*	*				*		0,001	*
<i>Poecilochetus serpens</i>											0,001	0,002
<i>Prionospio ehlersi</i>	*						0,001			*		
<i>Prionospio</i> sp		*		*	*			*				
<i>Prionospio steenstrupi</i>		0,001										
Sabellidae nd	*										*	
<i>Scoletoma fragilis</i>										0,004		
<i>Scoletoma</i> sp		0,004				0,008						
<i>Scoloplos armiger</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Spionidae nd			*	*							*	
<i>Spiophanes bombyx</i>		0,001										
<i>Stemaspis scutata</i>			*									
Syllidae juv										*		*
<i>Syllis</i> sp	0,001					*						
Terebellidae nd				0,176								
<i>Terebellides stroemi</i>										0,001		
<b>Sipunculidi</b>												
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	*	0,001							*	*	0,001	0,004
<i>Phascolion strombus</i>											0,002	*
<i>Sipuncula</i> nd	0,003	0,007	0,010	0,005	0,012	0,001	0,002	0,005	0,001	0,004	0,003	0,001
<b>Biomassa totale</b>	<b>2,81</b>	<b>0,19</b>	<b>1,65</b>	<b>1,01</b>	<b>0,32</b>	<b>1,42</b>	<b>0,60</b>	<b>0,87</b>	<b>0,10</b>	<b>0,88</b>	<b>0,46</b>	<b>0,23</b>



**Tab. 3-XXXV** – Lista e biomassa (gr/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel survey condotto durante i lavori di installazione. \* = <0,001 gr/0,095 m<sup>2</sup>.

Stazione	Transetto A				Transetto B				Controllo			
	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla futura piattaforma (m)	60	0	0	60	60	0	0	60	2000	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>												
Briozoa nd	*											
<b>Cnidari</b>												
Actiniaria nd									0,553			
Hydroidea nd		*	0,002	0,021					0,002	0,001		
<b>Crostacei</b>												
Anfipodi												
<i>Eriopisa elongata</i>	0,001								*			
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>				0,001								*
<i>Othomaera schmidtii</i>	0,002		0,001									
<i>Paraphoxus oculatus</i>	*		*	*							*	
Cumacei												
Cumacea nd												*
<i>Eudorella truncatula</i>												*
Decapodi												
<i>Alpheus glaber</i>	0,029		0,059	0,085	0,017		0,061				0,071	
<i>Callinassa subterranea</i>	0,056	0,031	0,027	0,083	0,002		0,019	0,024	0,030	0,030		0,017
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,024			0,001			0,151	0,306	0,059			
<i>Liocarcinus maculatus</i>	0,001											
<i>Processa</i> sp		0,002		0,002								
<i>Solenocera membranacea</i>				0,424				0,418				
<i>Upogebia deltaura</i>	5,446	0,528	0,061	0,198	0,039		0,069	0,415	0,020			
Isopodi												
<i>Cirolana borealis</i>				0,112								
<i>Eurydice</i> sp	0,011	0,006	0,001									
Stomatopodi												
<i>Rissoides desmaresti</i>	0,016											
<b>Molluschi</b>												
Bivalvi												
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,017											
<i>Nucula nitidosa</i>									0,025	*		
Gasteropodi												
<i>Hyala vitrea</i>	*		*		*		*	*		*		0,001
<i>Turritella communis</i>	0,196			0,361	0,273						0,165	
<b>Nemertini</b>												
Nemertea nd	0,002	0,254		0,002							0,012	*
<b>Policheti</b>												
<i>Ampharete acutifrons</i>				0,001							*	*
<i>Aphelocheata filiformis</i>	0,001		0,040	0,021	*		*		0,001	*	*	*
<i>Aphelocheata marioni</i>	*				*						*	*
<i>Aponuphis brementi</i>										0,035		
Capitellidae nd					*						0,001	
<i>Chaetozone caputesocis</i>	0,042										0,001	*
Cirratulidae nd											*	
<i>Eteone picta</i>				0,001								
<i>Glycera alba</i>				0,077	0,014				0,007			
<i>Glycera rouxii</i>											0,007	0,003
<i>Glycera</i> sp	0,000		0,001	0,001	*		*	0,001		*	0,001	
<i>Harmothoe</i> sp			*	0,001								
<i>Labioleanira yhleni</i>									0,055	*		0,005
<i>Lumbrineris gracilis</i>	0,003								*	*	0,001	
Maldanidae nd											0,014	*
<i>Marphysa bellii</i>	0,198	0,125	0,036	0,059	0,037		0,026	0,032	0,155		0,052	0,264
<i>Melinna palmata</i>	0,001			*				*	*			
<i>Minuspio cirrifera</i>	*	*		*				*	*			
<i>Nephtys hystricis</i>	0,004			0,009	0,016				0,002	0,017	0,026	0,018
<i>Ninoe</i> sp				0,008					0,001			0,002
<i>Notomastus aberans</i>	0,010	0,024	0,009		0,002			0,007	0,011	0,015	0,001	0,003
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001			*	*			*	*	*	0,001	0,007
<i>Ophiodromus flexuosus</i>				*				*	*	*		
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,001			0,001	0,002		*	*	0,001	0,002	0,001	0,001
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,001	*		0,002	0,003		*	*	*	0,001	*	*
Paraonidae nd	0,001	*	*	0,001	*		*	*	0,001	*	0,001	*
Phyllodocidae nd									*	*		
<i>Phylo norvegica</i>									0,008			
Pilargidae nd				*				*				*
<i>Pilargis verrucosa</i>												*
<i>Poecilochetus serpens</i>											0,001	*
<i>Prionospio</i> sp				0,001					0,001		*	*
Sabellidae nd											*	*
<i>Scalibregma inflatum</i>	*			*							*	*
<i>Scoletoma</i> sp	0,001										*	*
<i>Scoloplos amiger</i>	*			*							*	*
Sphaerodoridae nd												*
Spionidae nd	*							*				*
<i>Spiophanes bombyx</i>											0,001	
Terebellidae nd											0,007	
<b>Sipunculidi</b>												
<i>Aspidosiphon muelleri</i>					0,025					0,027		
<i>Onchesoma steenstrupi</i>	0,001		0,001	0,004	0,001				0,002	0,001	*	0,001
<i>Sipuncula</i> nd	0,003	0,011		0,006	0,001				*	0,008	0,012	0,004
<b>Biomassa totale</b>	<b>6,070</b>	<b>0,981</b>	<b>0,239</b>	<b>1,485</b>	<b>0,432</b>		<b>0,335</b>	<b>1,206</b>	<b>0,932</b>	<b>0,138</b>	<b>0,377</b>	<b>0,328</b>

### 3.5.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Nei siti campionati in entrambi i survey i taxa di fondo mobile sono risultati i più rappresentati nei popolamenti rinvenuti, sia in termini di numero di specie che di individui (Tab. 3-XXXVI).

**Tab. 3-XXXVI** – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW determinati a livello di specie suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXXII.

a)		Transetto A				Transetto B				Controlli				
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	
Pre-Survey	Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)													
	Limicoli (Lim, VTC, VB)	12	12	15	15	8	11	9	9	11	15	13	12	
	Sabulicoli (Sab, SFBC)		1	1	3	1	2				1	2		
	Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	2	2	3	1	1		2		1	1	3	1	
	Minuticoli (Minut)						1	1				1	1	
	Indicatori di Materia Organica (MO)	6	4	4	6	4	5	6	5	6	5	6	6	
	Substrato duro (C, HP, Sd)	3	1	1	1			1				1	2	
	Larga ripartizione ecologica (Lre)	2	2	1		1	1	1	1	1	2	3	2	
Durante lavori		Transetto A				Transetto B				Controlli				
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	
	Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)													
	Limicoli (Lim, VTC, VB)	14	2	6	13	10	Non campionata	6	7	12	7	11	9	
	Sabulicoli (Sab, SFBC)	2			2					2	1	2	1	
	Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	2	1	2	2	1			1	1	1		1	1
	Minuticoli (Minut)	1												
	Indicatori di Materia Organica (MO)	5	3	2	4	5			1	3	4	4	4	6
	Substrato duro (C, HP, Sd)	1												
	Larga ripartizione ecologica (Lre)	2			2								1	
b)		Transetto A				Transetto B				Controlli				
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	
Pre-Survey	Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)													
	Limicoli (Lim, VTC, VB)	19,00	14,33	13,00	12,33	11,00	11,56	8,33	9,67	10,67	18,33	25,33	18,33	
	Sabulicoli (Sab, SFBC)		0,33	0,33	1,00	0,33	0,78				1,00	0,67		
	Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	0,67	1,67	1,33	0,33	0,33		1,00		0,33	0,33	1,33	0,33	
	Minuticoli (Minut)						0,33	0,33				0,33	0,33	
	Indicatori di Materia Organica (MO)	9,67	5,33	3,67	5,33	4,33	2,89	4,33	2,33	8,00	11,33	15,00	4,00	
	Substrato duro (C, HP)	1,33	0,67	0,33	0,67			0,33				3,33	1,00	
	Larga ripartizione ecologica (Lre)	0,67	0,67	0,33		0,33	0,67	0,67	0,33	0,33	1,00	4,67	1,00	
Durante lavori		Transetto A				Transetto B				Controlli				
		A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	
	Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)													
	Limicoli (Lim, VTC, VB)	16,33	3,33	4,00	18,33	7,67	Non campionata	3,00	6,67	15,00	10,00	11,33	11,00	
	Sabulicoli (Sab, SFBC)	1,33			1,00						0,67	1,00	1,00	0,33
	Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	74,00	5,67	1,67	3,00	0,33			0,67	5,33	0,33		0,33	0,33
	Minuticoli (Minut)	0,33												
	Indicatori di Materia Organica (MO)	7,33	1,00	1,67	2,67	3,00			0,33	1,33	3,00	2,67	2,33	3,33
	Substrato duro (C, HP, Sd)	0,33												
	Larga ripartizione ecologica (Lre)	0,67			1,00								0,67	

Nel pre-survey il raggruppamento biocenotico più importante in tutte le stazioni era stato quello delle specie limicole (Lim), ovvero legate alla presenza di fango, seguite dagli indicatori di materia organica (MO). La medesima situazione è stata riscontrata anche nel survey durante i lavori d'installazione della piattaforma nella maggior parte delle stazioni con l'eccezione del sito BO NW, in cui gli MO hanno superato i Lim per numero di specie,

mentre gli organismi misticoli (Mixt) sono risultati al primo posto in termini di numero di individui, analogamente ad A3. Nelle restanti stazioni campionate i Mixt hanno rappresentato il terzo gruppo biocenotico più rappresentato eccetto nei controlli, dove è stato riscontrato un maggior numero di sabulicoli, comunque scarsamente presenti come altrove.

Come già osservato nel pre-survey, tutte le altre categorie ecologiche, comprese quelle legate ai substrati duri o con una larga ripartizione ecologica (Lre), sono risultate poco rappresentative e non sono state riscontrate delle particolari differenze tra l'area della piattaforma e i controlli.

### 3.5.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 15 taxa che complessivamente hanno costituito circa il 72% e l'80% delle comunità rispettivamente nel pre-survey e nel durante lavori, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.64).

Come già evidenziato nel Cap. 3.5.1. relativo alla Densità, entro 60 m da Bonaccia NW si è assistito a una netta variazione nella dominanza dei diversi taxa. Mentre nel pre-survey i paraonidi e *O. cylindricaudata* erano risultati il primo e/o il secondo taxon dominante, durante i lavori d'installazione l'importanza dei primi si è notevolmente ridotta nelle stazioni a Ovest in favore di *U. deltaura*, che ha raggiunto percentuali molto elevate in A3 (62,25%), BO NW (41,46%) e B6 (30,19%). Nelle restanti stazioni poste entro 60 m dalla piattaforma i paraonidi hanno continuato a dominare in A6, B3 e BO SE (rispettivamente 21,26%, 26,00% e 32,56%), sostituiti da *M. belli* in BO SW (18,75%).

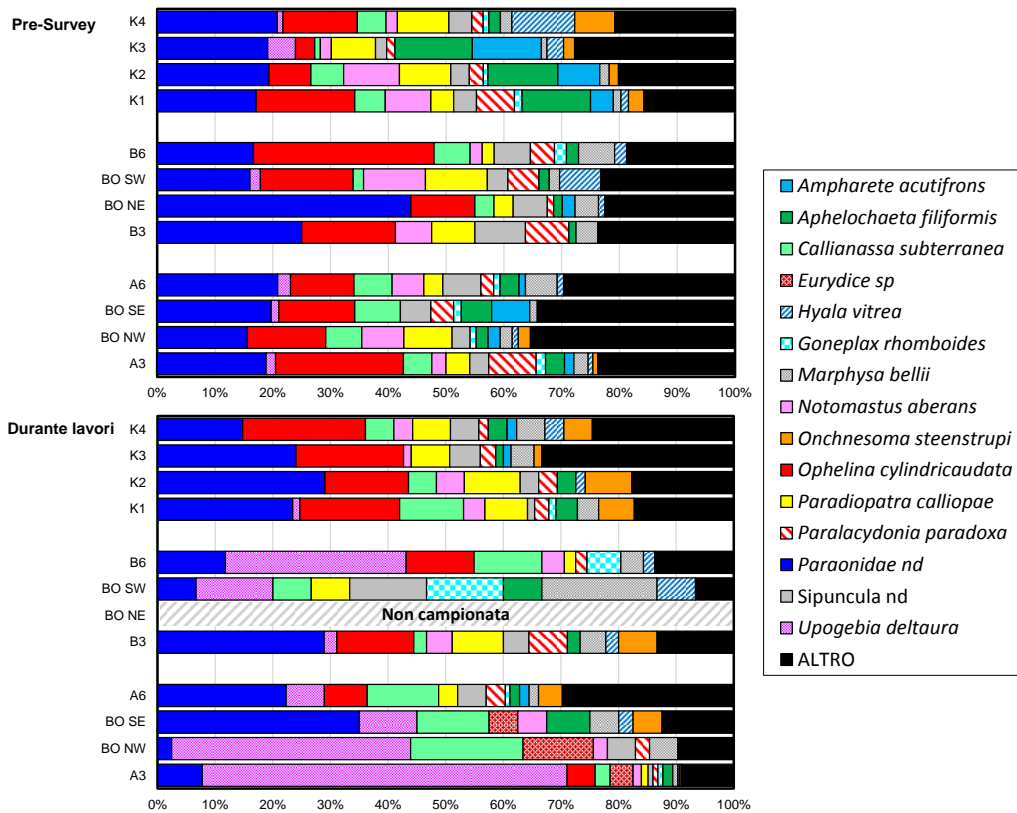
Per quanto concerne *O. cylindricaudata*, questa specie è scomparsa nei siti corrispondenti alla piattaforma, mentre nelle stazioni a 60 m di distanza ha rappresentato la seconda o la terza specie dominante con percentuali notevolmente ridotte rispetto al pre-survey e comprese tra 4,79% (A3) e 12,00% (B3).

Nella fase durante lavori si sono anche notevolmente abbassate le percentuali della categoria "altro", comprese tra il 6,25% (BO SW) e il 28,36% (A6).

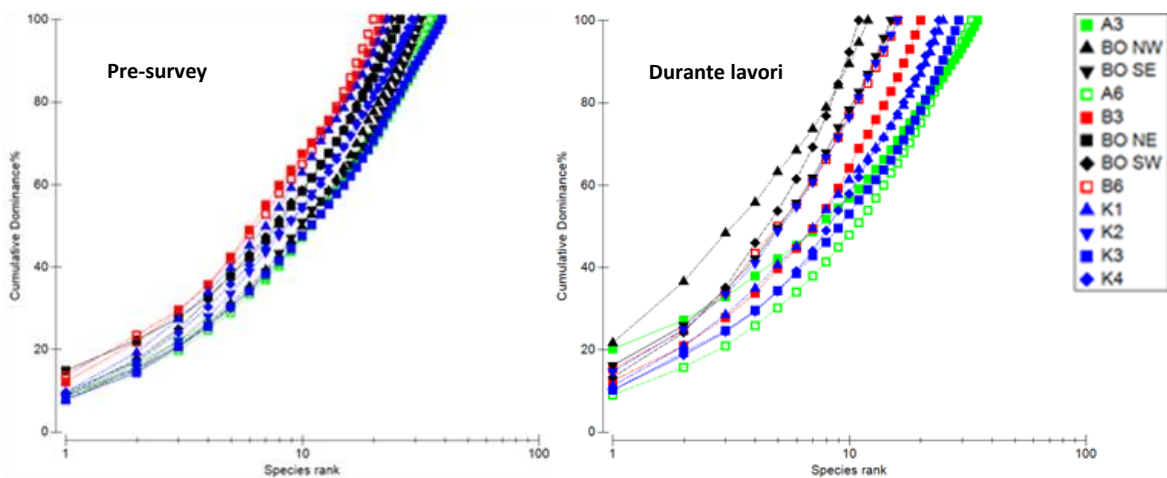
Per quanto riguarda i siti di controllo, invece, non sono state evidenziate particolari variazioni temporali. I paraonidi hanno continuato a rappresentare il taxon principale anche durante i lavori di installazione seguiti da *O. cylindricaudata*, eccetto in K4 in cui si sono invertiti i ruoli. Tuttavia, si è ridotta l'importanza di *A. filiformis* e di *Ampharete acutifrons*, così come quella di altre specie (es.: *Hyala vitrea*, *P. calliope*). La categoria

“altro” è rimasta ben rappresentata durante i lavori d’installazione, con valori compresi tra il 17,18% (K2) e il 32,47% (K3).

Le curve di dominanza cumulativa, che nel pre-survey avevano confermato una buona omogeneità tra i siti, nel durante lavori mettono in risalto la netta prevalenza di pochi taxa nei siti adiacenti alla piattaforma e in B6 (fig. 3.65).



**Fig. 3.64** - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nel pre-survey e durante i lavori di installazione. Nel secondo monitoraggio non è stato possibile campionare BO NE.



**Fig. 3.65** - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nel pre-survey e durante i lavori di installazione. BO NE non campionata nel secondo monitoraggio.

### 3.5.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Durante i lavori d'installazione di Bonaccia NW si è assistito in tutta l'area indagata a una netta riduzione del numero complessivo di taxa rispetto al pre-survey, dovuta principalmente al decremento dei policheti, dei crostacei e dei molluschi (Tab. 3-XXXVII).

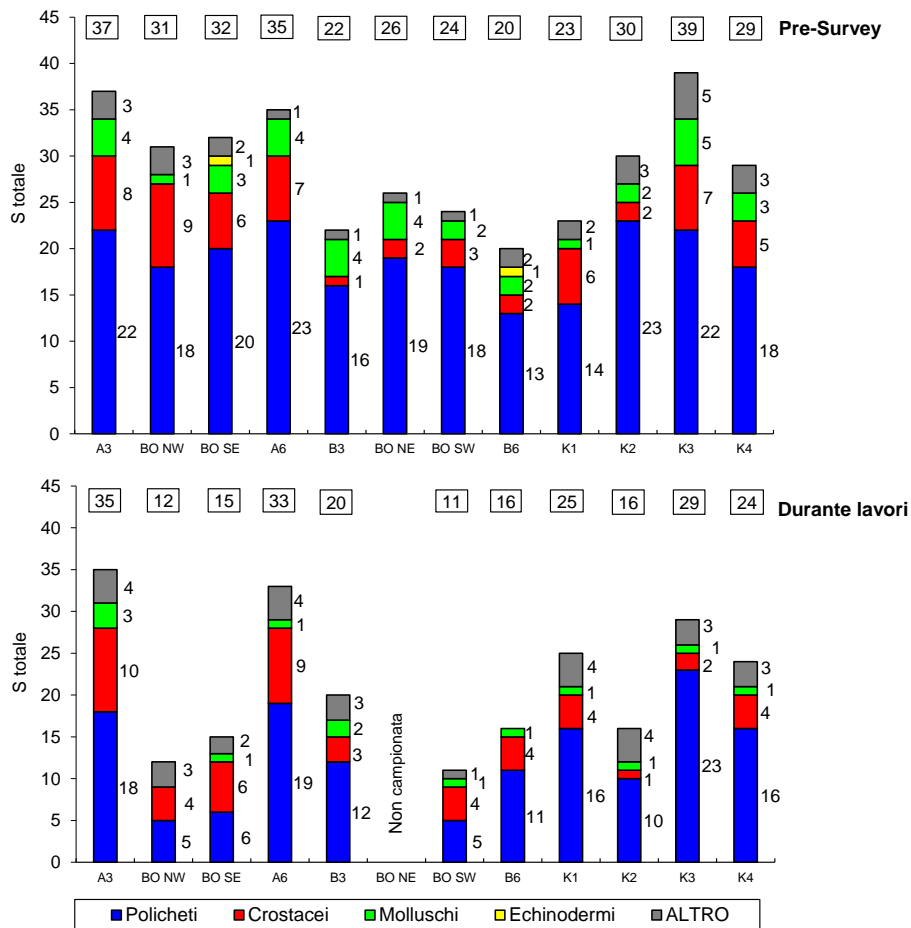
**Tab. 3-XXXVII** – Ripartizione secondo il phylum di appartenenza e totale dei taxa rinvenuti nel pre-survey (PS) e durante i lavori d'installazione (DL) di Bonaccia NW.

	PS	DL
Briozoi		1
Cnidari	2	2
Crostacei	24	16
Echinodermi	2	
Molluschi	14	4
Nemertini	1	1
Policheti	51	40
Sipunculidi	3	3
<b>Totale</b>	<b>97</b>	<b>67</b>

Considerando le singole stazioni, la riduzione dell'indice ha riguardato principalmente quelle adiacenti alla piattaforma (BO NW, BO SE e BO SW), dove si è verificato un decremento di oltre il 50% delle specie rinvenute, e il controllo K2 (fig. 3.66). Altrove si è assistito comunque a una diminuzione di S, seppur più contenuta, tranne in K1 in cui si è avuto un lieve aumento dell'indice (da 23 a 25). Analogamente al pre-survey, A3 e A6 sono rimaste le stazioni con la più alta Ricchezza specifica totale nell'area circostante la piattaforma e sono risultate le uniche a presentare valori superiori al range dei controlli, nel quale sono rientrati gli altri siti eccetto BO NW e BO SW.

Ovunque i policheti hanno continuato a rappresentare il gruppo principale, seguiti dai crostacei e dai molluschi. Gli echinodermi, già scarsamente presenti nel pre-survey, sono scomparsi completamente.

Il numero di taxa esclusivi, ovvero censiti in un solo sito, era risultato limitato nel pre-survey, avendo rappresentato al massimo il 2,6% del popolamento in A3 (Tab. 3-XXXII). Nel durante lavori sono notevolmente aumentati, costituendo fino al 17% in A3 e K3. Nessuna specie esclusiva è stata rinvenuta nelle tre stazioni adiacenti alla piattaforma (Tab. 3-XXXIII).

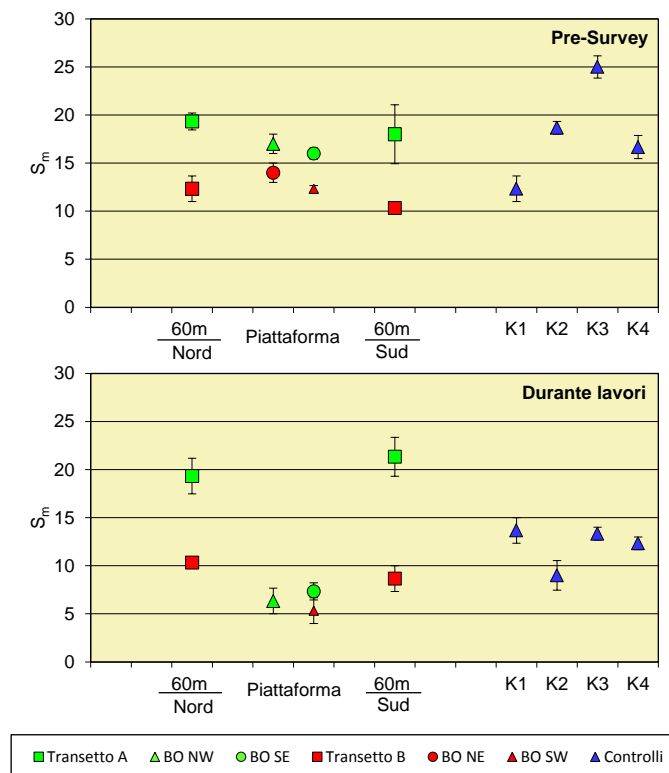


**Fig 3.66** - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri). Nel durante lavori non è stato possibile campionare BO NE.

### 3.5.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA ( $S_m$ )

La Ricchezza specifica media ha presentato lo stesso trend osservato per S in entrambi i campionamenti mostrando anche in questo caso, durante i lavori d'installazione, una riduzione consistente nei siti BO e nei controlli K2 e K3 (fig. 3.67).

Nella direttrice NW-SE sono stati ottenuti valori confrontabili in A3 e A6 ( $19,33 \pm 1,86$  e  $21,33 \pm 2,03$  rispettivamente), decisamente superiori rispetto a BO NW ( $6,33 \pm 1,33$ ) e a BO SE ( $7,33 \pm 0,88$ ). Anche B3 e B6 sono apparsi comparabili tra loro ( $10,33 \pm 0,33$  e  $8,67 \pm 1,33$ ) e superiori a BO SW ( $5,33 \pm 1,33$ ). Nel range di  $S_m$  relativo ai controlli ( $9,00 \pm 1,53 \leq S_m \leq 13,67 \pm 1,33$ ) sono rientrati tutti i siti posti entro 60 m da Bonaccia NW eccetto A3 e A6.

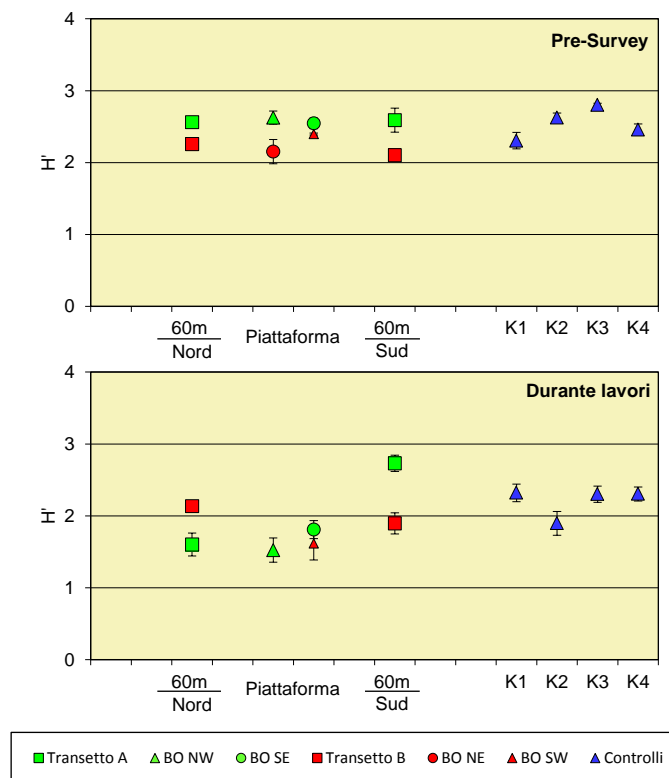


**Fig. 3.67** – Ricchezza specifica media ( $\pm$  e.s.) registrata presso i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. Nel durante lavori non è stato possibile campionare BO NE.

### 3.5.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Durante i lavori d'installazione di Bonaccia NW, i valori di H' sono risultati compresi tra  $2,73 \pm 0,11$  (A6) e  $1,52 \pm 0,17$  (BO NW) nell'area circostante la piattaforma e tra  $2,32 \pm 0,12$  (K1) e  $1,90 \pm 0,16$  (K2) ai controlli (fig. 3.68).

A differenza di quanto precedentemente descritto per S e S<sub>m</sub>, H' ha mostrato una netta riduzione rispetto al pre-survey sia nei siti adiacenti alla piattaforma, sia in A3 per l'elevata dominanza di *U. deltaura*. Un decremento è stato registrato anche nei controlli K2 e K3 a causa della maggiore importanza dei paraonidi rispetto al primo campionamento. Comunque, tutti i siti entro 60 m di distanza da Bonaccia NW sono apparsi comparabili con i riferimenti eccetto A6 dove è stato registrato il massimo stagionale.



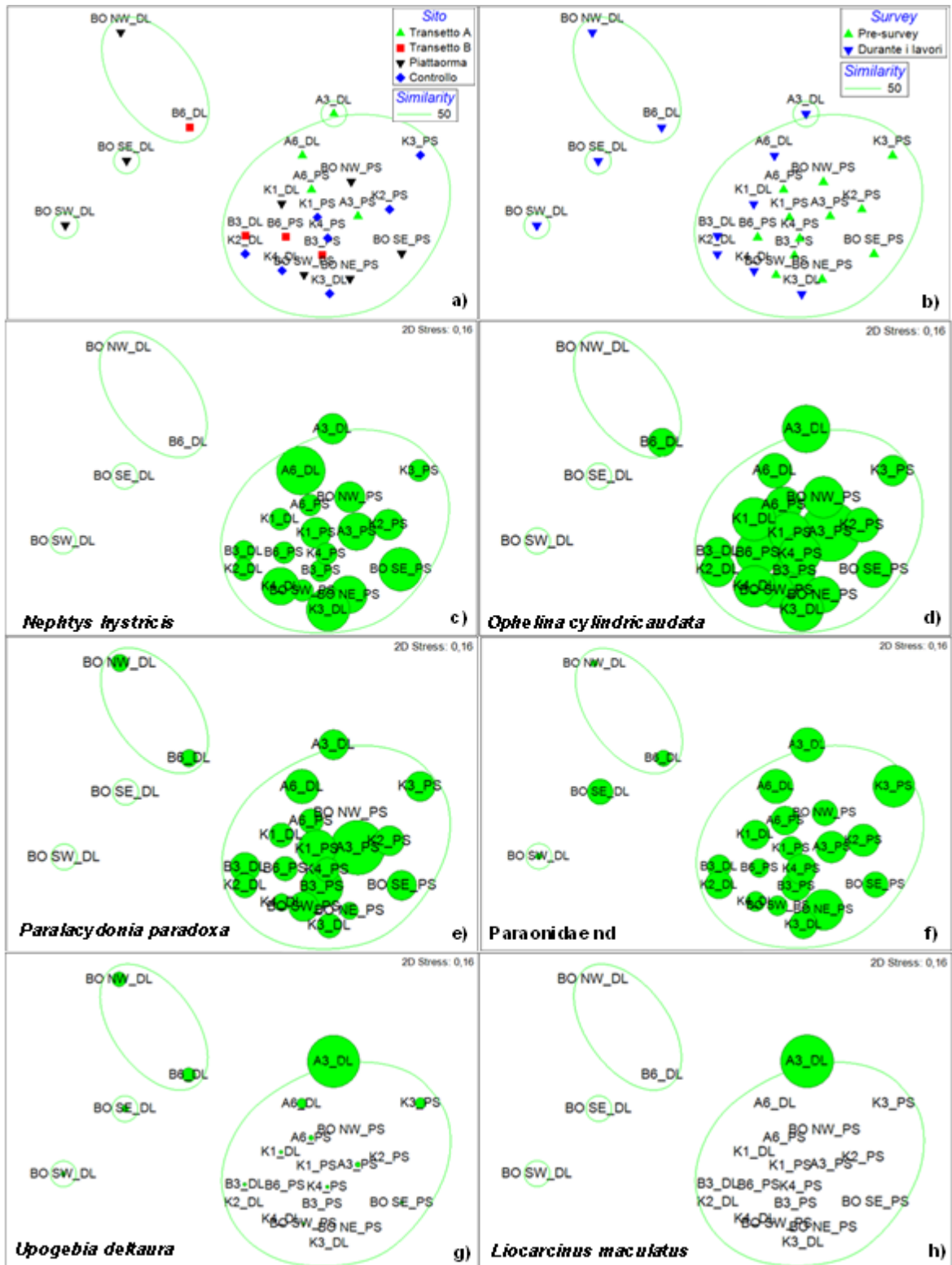
**Fig. 3.68** - Diversità specifica ( $\pm$  e.s.) registrata nelle stazioni monitorate nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW. Nel durante lavori non è stato possibile campionare BO NE.

### 3.5.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie campionate nei due monitoraggi ha messo in evidenza la somiglianza tra tutti i siti campionati nel pre-survey con i controlli, A6 e B3 relativi al durante lavori; in un raggruppamento distinto sono rientrati BO NW e B6, mentre le restanti stazioni hanno costituito ognuna un cluster a sé, tra cui quello di A3 parzialmente sovrapposto al raggruppamento principale (Similarità al 50%; figg. 69a e 69b).

La distribuzione dei diversi cluster può essere spiegata dalla presenza/assenza e/o dai diversi quantitativi di alcune specie sia principali che secondarie, come i policheti *Nephtys hystrix*, *O. cylindricaudata*, *Paralacydonia paradoxa* e i paraonidi (figg. 69c – 69f). Il parziale isolamento della stazione A3 campionata durante l'installazione di Bonaccia NW è una conseguenza sia della presenza esclusiva di alcuni taxa, sia dei quantitativi superiori di altri (es. figg. 69g e 69h) rispetto alle altre stazioni.





**Fig. 3.69** – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

### 3.5.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

#### 3.5.8.1 Indice W di Clarke

Come già nel pre-survey, anche durante l'installazione di Bonaccia NW l'indice W di Clarke ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato in tutti i siti campionati nell'area intorno alla piattaforma, con valori compresi tra 0,32 (BO SE) e 0,50 (BO SW; Tab. 3-XXXVIII). Per quanto concerne i controlli, è avvenuto un miglioramento in K1 e K3 e un peggioramento in K2, ma si tratta di lievi variazioni.

**Tab. 3-XXXVIII** – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Bonaccia NW.

	Stazione	W	Classificazione ambientale
Pre-survey	A3	0,52	Leggermente disturbato
	BO NW	0,32	Leggermente disturbato
	BO SE	0,48	Leggermente disturbato
	A6	0,45	Leggermente disturbato
	B3	0,35	Leggermente disturbato
	BO NE	0,49	Leggermente disturbato
	BO SW	0,44	Leggermente disturbato
	B6	0,49	Leggermente disturbato
	K1	0,28	Moderatamente disturbato
	K2	0,34	Leggermente disturbato
Durante lavori	K3	0,28	Moderatamente disturbato
	K4	0,32	Leggermente disturbato
	A3	0,37	Leggermente disturbato
	BO NW	0,36	Leggermente disturbato
	BO SE	0,32	Leggermente disturbato
	A6	0,38	Leggermente disturbato
	B3	0,40	Leggermente disturbato
	BO NE		Non campionata
	BO SW	0,50	Leggermente disturbato
	B6	0,49	Leggermente disturbato
	K1	0,39	Leggermente disturbato
	K2	0,26	Moderatamente disturbato
	K3	0,38	Leggermente disturbato
	K4	0,47	Leggermente disturbato

#### 3.5.8.2 Indice AMBI

Già nel pre-survey l'indice AMBI (Tab. 3-XXXIX) aveva evidenziato una situazione più ottimistica rispetto a W, catalogando B6 e K4 come ambienti non disturbati e tutti gli altri come leggermente disturbati. Durante i lavori d'installazione di Bonaccia NW la situazione è apparsa migliorata in A3, BO NW, BO SW e K2 e confermata altrove. Le variazioni nelle stazioni entro 60 m dalla piattaforma sono state determinate da una prevalenza dei taxa appartenenti al I gruppo ecologico, sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali, tra cui *U. deltaura* fortemente dominante in quei siti. Tali organismi sono apparsi più numerosi degli altri anche nei controlli K1 e K4. Altrove hanno invece prevalso i taxa del II gruppo ecologico (indifferenti all'arricchimento organico).

A seguire, analogamente al pre-survey, il III gruppo ecologico, caratterizzato dalla

presenza di specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti, quali Paraonidae nd. Le specie opportuniste di II ordine (IV gruppo) sono state rinvenute in quasi ovunque tranne in BO SE, BO SW e K2, con percentuali notevolmente inferiori, mentre le specie opportuniste di I ordine (V gruppo), sono state riscontrate, sempre con percentuali molto basse, solo nel popolamento rinevuto nei siti B3 e K3.

**Tab. 3-XXXIX** – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato nel pre-survey e durante i lavori di installazione della piattaforma 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
Pre-survey	A3	36,70	43,00	11,70	8,60	0	1,383	Leggermente disturbato
	BO NW	36,00	38,20	20,20	5,60	0	1,433	Leggermente disturbato
	BO SE	37,20	42,30	15,40	5,10	0	1,327	Leggermente disturbato
	A6	32,20	44,80	17,20	4,60	1,10	1,466	Leggermente disturbato
	B3	36,70	43,00	17,70	2,50	0	1,291	Leggermente disturbato
	BO NE	20,40	66,90	7,40	4,30	1,00	1,48	Leggermente disturbato
	BO SW	46,40	26,80	19,60	7,10	0	1,313	Leggermente disturbato
	B6	44,00	40,00	12,00	4,00	0	1,14	Non disturbato
	K1	35,10	36,50	27,00	1,40	0	1,419	Leggermente disturbato
	K2	23,60	43,30	28,30	4,70	0	1,713	Leggermente disturbato
	K3	32,40	40,50	21,90	5,20	0	1,5	Leggermente disturbato
	K4	49,50	32,70	14,90	3,00	0	1,069	Non disturbato
Durante lavori	A3	75,70	13,60	8,20	2,50	0	0,564	Non disturbato
	BO NW	63,40	9,80	24,40	2,40	0	0,988	Non disturbato
	BO SE	25,60	51,20	23,30	0	0	1,465	Leggermente disturbato
	A6	32,30	46,00	18,50	3,20	0	1,391	Leggermente disturbato
	B3	36,00	48,00	8,00	6,00	2,00	1,35	Leggermente disturbato
	BO NE	Non campionata						
	BO SW	50,00	37,50	12,50	0	0	0,938	Non disturbato
	B6	54,70	24,50	18,90	1,90	0	1,019	Non disturbato
	K1	42,50	36,30	18,80	2,50	0	1,219	Leggermente disturbato
	K2	39,10	48,40	12,50	0	0	1,102	Non disturbato
	K3	35,50	51,30	9,20	2,60	1,30	1,243	Leggermente disturbato
	K4	50,00	35,50	12,90	1,60	0	0,992	Non disturbato

### 3.5.8.3 Indice BENTIX

Come l’AMBI, anche il BENTIX ha evidenziato una situazione più ottimistica rispetto all’indice W di Clarke e a quella riscontrata nel pre-survey. In particolare, le stazioni A3, BO NW, BO SW, B6 e K4 sono passate da leggermente a non disturbate e K3 da moderatamente a leggermente impattata (Tab. 3-XL). Rimangono invece immutati i restanti siti.

### 3.5.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XLI è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici. A differenza del pre-survey, in cui lo stato ecologico era risultato buono in tutte le stazioni tranne nei controlli K1 e K3 (buono/moderato),

durante i lavori di installazione della piattaforma la situazione è in generale migliorata. I controlli K1 e K3 sono passati da uno stato ecologico buono/moderato ad uno buono, mentre A3, BO NW, BO SW, B6 e K4 sono passate da uno stato ecologico buono a uno alto/buono. Rimangono invariate le altre stazioni.

**Tab. 3-XL** – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale per i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione della piattaforma.

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
Presurvey	A3	4,12	Leggermente disturbato
	BO NW	4,00	Leggermente disturbato
	BO SE	4,05	Leggermente disturbato
	A6	3,98	Leggermente disturbato
	B3	3,95	Leggermente disturbato
	BO NE	3,73	Leggermente disturbato
	BO SW	3,75	Leggermente disturbato
	B6	4,43	Leggermente disturbato
	K1	3,71	Leggermente disturbato
	K2	3,68	Leggermente disturbato
	K3	3,44	Moderatamente disturbato
	K4	3,90	Leggermente disturbato
Durante lavori	A3	5,22	Non disturbato
	BO NW	5,51	Non disturbato
	BO SE	4,14	Leggermente disturbato
	A6	4,39	Leggermente disturbato
	B3	4,08	Leggermente disturbato
	BO NE	Non campionata	
	BO SW	4,75	Non disturbato
	B6	4,79	Non disturbato
	K1	4,27	Leggermente disturbato
	K2	4,19	Leggermente disturbato
	K3	3,97	Leggermente disturbato
	K4	4,58	Non disturbato

**Tab. 3-XLI** – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici.

	Stazione	W Classificazione ambientale	AMBI Classificazione ambientale	BENTIX Classificazione ambientale	Stato ecologico
Pre-survey	A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO NW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B3	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
	B6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K1	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	K2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K3	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	K4	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
Durante lavori	A3	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
	BO NW	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
	BO SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO NE	Non campionata			
	BO SW	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
	B6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
	K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K2	Moderatamente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K4	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono

#### 4. 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 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; c) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-ISMAR di Ancona dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra; Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Bonaccia NW.

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

In queste due fasi, in cui le indagini hanno riguardato la colonna d’acqua, i sedimenti e le

comunità bentoniche, per ogni comparto da investigare è stato proposto un monitoraggio semplificato rispetto a quello che verrà seguito nel periodo di produzione della piattaforma; durante il pre-survey, infatti, le indagini erano volte ad ottenere una caratterizzazione dell'areale in cui sarebbe stata installata la struttura. Nel durante lavori, invece, la semplificazione del campionamento era dettata da problemi tecnici e di sicurezza legati alla presenza dei mezzi di lavoro.

Solo per quanto concerne la colonna d'acqua l'indagine durante i lavori di installazione è stata effettuata con lo stesso schema di campionamento previsto per la fase di esercizio, ovvero presso 8 siti di prelievo di cui 4 posti a una distanza di circa 100 m dalla piattaforma e 4 posizionati a circa 2000 m (controlli). Le medesime stazioni sono state campionate anche per la caratterizzazione delle comunità planctoniche. Sedimenti e popolamento bentonico sono stati indagati presso 12 siti disposti a croce di cui 4 nell'area in cui si stava installando Bonaccia NW, 4 a 60 m e 4 a circa 2000 m di distanza (controlli), analogamente al pre-survey.

**Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua** - L'area di posa della piattaforma di estrazione Bonaccia NW è localizzata a circa 30 mn dalla costa ed è caratterizzata da condizioni oceanografiche di mare aperto, risentendo solo in parte della circolazione costiera (Artegiani *et al.*, 1997a e 1997b). Le caratteristiche oceanografiche determinate durante il periodo di realizzazione della struttura (luglio, settembre e novembre 2015) sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a; Zavatarelli *et al.*, 1998). La colonna d'acqua è risultata fortemente stratificata in temperatura nel periodo estivo e nei mesi successivi, a causa del raffreddamento superficiale, il gradiente termico verticale ha presentato una riduzione progressiva, rimanendo comunque ben evidente anche in novembre. Invece il gradiente di salinità, presente in luglio, è risultato attenuato nei mesi autunnali. Sul fondo le condizioni termaline si sono mantenute più stabili per tutto il periodo, con temperature di 12-13°C e salinità di circa 38,5 psu.

Per quanto riguarda gli aspetti idrochimici considerati, la concentrazione di ossigeno disciolto è risultata presente con percentuali di saturazione maggiori del 100% negli strati superficiali e sub-superficiali, diminuendo in tutte le situazioni verso il fondo con valori minimi in novembre, quando comunque la saturazione si è mantenuta su valori sempre al di sopra dell'80%; pertanto, non sono state osservate condizioni ipossiche o anossiche durante tutto 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), con concentrazioni dei composti azotati, in particolare dei nitrati, basse in estate con una tendenza all'aumento in autunno. Gli ortofosfati non hanno mostrato variazioni di rilievo, mentre gli ortosilicati sono tendenzialmente diminuiti in settembre.

Il carico solido sospeso ha presentato in generale un aumento delle concentrazioni nelle acque di fondo, evidente soprattutto nelle misure di torbidità. Questo andamento è stato osservato frequentemente in Adriatico ed è legato a possibili processi di risospensione e trasporto di sedimenti (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

L'attività fotosintetica, stimata dalla concentrazione di pigmenti clorofilliani, è risultata maggiormente presente verso il fondo in luglio e a settembre, mentre a novembre ha presentato un picco a circa 40 m. La clorofilla *a* ha sempre rappresentato la componente più abbondante. La clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) è sempre risultata 3-4 volte maggiore della Chl *c* (caratteristica delle diatomee). La clorofilla totale (come somma di Chl *a* + Chl *b* + Chl *c*) è apparsa sempre piuttosto bassa, confermando le generali condizioni di oligotrofia dell'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Totti *et al.*, 2000).

In generale, non sono emerse differenze significative tra le stazioni posizionate a una distanza di 100 m dalla piattaforma in costruzione e quelle a 2000 m utilizzate come controlli per quanto riguarda le condizioni oceanografiche generali (temperatura, salinità, ossigeno disciolto). Riguardo ai parametri idrochimici, nitriti, ortofosfati e TSM hanno presentato concentrazioni più alte in prossimità della piattaforma in luglio e in settembre, con differenze significative in luglio per NO<sub>2</sub> e per PO<sub>4</sub>. Concentrazioni più alte sono state invece osservate nelle stazioni a 2000 m in settembre per Si(OH)<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> e NH<sub>3</sub> e in novembre per Si(OH)<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>, ma solo per l'ammoniaca in settembre le differenze sono risultate statisticamente significative. In conclusione, nelle aree interessate direttamente dai lavori sono stati osservati essenzialmente aumenti nella concentrazione di alcuni nutrienti (principalmente NO<sub>2</sub> e PO<sub>4</sub>) e del materiale sospeso, che potrebbero essere in relazione a processi di risospensione dei sedimenti di fondo, ma tali aumenti non sempre sono risultati significativi dal punto di vista statistico. Inoltre, sono state osservate concentrazioni di vari parametri più elevate nelle stazioni di riferimento, lontane dalla piattaforma e quindi verosimilmente non alterate dalle operazioni correlate alla piattaforma.

Per quanto riguarda i metalli pesanti, l'analisi dei dati ha evidenziato la totale assenza (concentrazioni sempre sotto il limite di rilevabilità) delle specie chimiche considerate tra le più tossiche, quali mercurio, cadmio e indio (Canli e Furness, 1995; Dong *et al.*, 2016). Anche piombo, rame e ferro sono risultati molto spesso non rilevabili, e in ogni caso, considerato il loro valore medio e la variabilità associata, non hanno mostrato alcuna differenza significativa nel confronto tra i diversi survey. Per le specie chimiche sempre presenti (concentrazioni sempre al di sopra dei rispettivi limiti di rilevabilità), si possono distinguere fondamentalmente due differenti andamenti. L'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio hanno evidenziato una minima variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale, sia in quella verticale. Il cromo, il nichel, l'alluminio e lo zinco hanno invece mostrato una variabilità molto più marcata, spesso con valori di CV al disopra del 100%. In ogni caso, tutti questi elementi, quando considerati nel loro valore medio, non hanno mai mostrato concentrazioni significativamente differenti nel confronto tra le crociere considerate.

Per quanto riguarda le sostanze organiche, l'unica categoria di composti saltuariamente presente è stata quella degli idrocarburi alifatici, comunque rilevati in concentrazioni basse e molto vicine al limite strumentale. La caratterizzazione dei singoli congeneri ha evidenziato inoltre la presenza di una predominante componente biogenica nella composizione totale (Al-Saad, 1990; Serrazanetti *et al.*, 1991).

In generale, tutti i metalli e i microinquinanti organici rilevati sono risultati presenti in concentrazioni 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 europee ed extraeuropee (Law, 1978; Middelburg *et al.* 1988; Alves *et al.*, 1993; Crompton, 2006). Inoltre, non sono apparsi distinguibili particolari trend delle concentrazioni per nessuna specie chimica considerata né in relazione alla profondità, né in relazione alla loro distribuzione orizzontale. Unica eccezione è risultato il silicio nella crociera di novembre, durante la quale i valori massimi sono sempre stati misurati nelle stazioni di fondo. Tale aumento della concentrazione nei campioni di fondo è probabilmente da mettere in relazione a fenomeni di risospensione evidenziati altresì dall'aumento del carico solido sospeso.

Dall'analisi statistica non sono emerse differenze per i parametri analizzati tra le stazioni a 100 m e quelle a 2000 m di distanza dalla piattaforma durante la sua realizzazione. L'unica



eccezione è mostrata dal vanadio durante la crociera di novembre, durante la quale si è registrato un minimo aumento della concentrazione di questo metallo nelle stazioni più esterne, dunque ai controlli.

In conclusione, nei periodi di osservazione in tutta l'area esaminata non è stato evidenziato alcun fenomeno di contaminazione ambientale in relazione alle attività in corso.

Per quanto concerne infine il confronto con i dati del periodo di pre-survey, non sono stati evidenziati effetti sui parametri idrologici né sui contaminanti organici e inorganici in relazione ai lavori di posa della piattaforma Bonaccia NW e i trend osservati in alcuni dei survey sono probabilmente da imputare alla variabilità delle condizioni idrologiche e meteorologiche della zona.

**Comunità planctoniche** - I lavori per l'installazione della piattaforma non hanno influenzato la comunità fitoplanctonica. Le abbondanze totali delle singole campagne e la loro composizione in specie rappresentano una successione stagionale "tipica". Infatti, le specie rinvenute nei diversi periodi dell'anno sono già riportate per l'Adriatico con abbondanze e periodi di fioritura simili (Totti e Artegiani 2001; Totti *et al.*, 2002; 2005; Vilicic *et al.*, 2002; AA. VV., 2010; Bernardi Aubry *et al.*, 2012; Godrijan *et al.*, 2012; Maric *et al.*, 2012).

Così come le variazioni temporali, anche le variazioni spaziali (differenze tra stazioni poste a distanze diverse dall'area di installazione della piattaforma) e la distribuzione lungo la colonna del fitoplancton delle singole stazioni, sono da attribuire alla variabilità delle condizioni idrologiche e meteorologiche della area di studio, anziché alle attività in corso per la posa della piattaforma stessa. Infatti, il fitoplancton oltre a essere un ottimo indicatore di impatto ambientale è caratterizzato anche da una chiara alternanza stagionale delle specie, che a seconda del periodo favorevole o meno, possono fiorire e talvolta aumentare le proprie abbondanze velocemente (con scale temporali di ore o di giorni) o nel caso di condizioni sfavorevoli, diminuire di abbondanza o sparire del tutto.

Per quanto concerne i popolamenti zooplanctonici, allo stato attuale si può ritenere che le differenze rilevate nel corso dei pre-survey e nei monitoraggi condotti durante i lavori di posa in opera di Bonaccia NW non siano ascrivibili ai lavori stessi, bensì al naturale alternarsi stagionale dei diversi taxa zooplanctonici che presentano variazioni legate alle diverse caratteristiche fenologiche degli stessi; ciò che li influenza sono dunque le condizioni idrologiche e meteorologiche dell'area di studio nonché le risposte alle stesse dei produttori primari (il fitoplancton) di cui sono diretti consumatori. Infatti, anche i

popolamenti zooplanctonici, così come quelli fitoplanctonici, sono caratterizzati da note e documentate alternanze stagionali sia in termini di abbondanza che di composizione specifica; in questo caso, per esempio, le specie più termofile, quali i Cladoceri che hanno dominato nei mesi estivi, scompaiono durante il periodo freddo.

I taxa rinvenuti nei diversi periodi dell'anno sono stati già rinvenuti in Adriatico con abbondanze e andamenti stagionali non anomali rispetto a quanto riportato in letteratura (Fonda Umani et al 2005; Camatti *et al.*, 2008; De Olazabal e Tirelli 2011; Bernardi Aubry *et al.*, 2012).

**Caratteristiche sedimentologiche** - L'area destinata ad accogliere la piattaforma Bonaccia NW è caratterizzata da un sedimento costituito in prevalenza da sabbia affiancata da percentuali confrontabili di silt e argilla. I controlli sono risultati simili ai siti posti entro 60 m dalla piattaforma, tanto che tutti i sedimenti analizzati sono stati classificati come sabbia siltosa secondo Shepard. Le attività di posa in opera non hanno modificato le caratteristiche originarie dell'area, anche se il sito BO SW, a ridosso della piattaforma, ha presentato, superficialmente, uno strato di sedimento compatto e solidificato, presumibilmente derivato dai fanghi di perforazione.

L'area è risultata caratterizzata da bassi valori di tutti i contaminanti indagati, indicando che le operazioni di posa in opera non hanno comportato sostanziali cambiamenti neanche alle caratteristiche chimiche dei sedimenti. IPA e idrocarburi totali si sono complessivamente ridotti rispetto al pre-survey. E' da evidenziare che gli IPA sono sempre risultati molto bassi, ben al di sotto degli LCB indicati dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (ICRAM-APAT, 2007) e notevolmente inferiori agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) riportati per i sedimenti di corpi idrici marino-costieri e di transizione nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015.

Modesti segnali di incremento rispetto al pre-survey sono stati evidenziati per l'arsenico che, pur conservando tenori bassi, in tre siti posti a 60 m da Bonaccia NW ha superato, anche se di poco (al massimo del 16%), l'SQA dei sedimenti riportato nella Tab. 3/B del DM 2015/172. Gli altri metalli per cui si dispone di SQA sono cadmio, mercurio, piombo, cromo e nichel. I primi tre hanno presentato sempre e ovunque concentrazioni notevolmente inferiori ai corrispettivi SQA. Il cromo ha superato l'SQA nel pre-survey in tutti i siti e nel durante lavori in due controlli, per cui tale superamento non è imputabile all'installazione della piattaforma; alla stessa conclusione si può giungere riferendosi al

nicel, sempre superiore all'SQA sia nel pre-survey che nel DL in tutti i siti entro 60 m da Bonaccia NW e in due controlli.

Sono invece da evidenziare gli incrementi osservati per silicio e bario. Questi metalli sono aumentati notevolmente in corrispondenza della piattaforma, fatto non osservato nei controlli né nei siti a 60 m dalla struttura (eccetto il silicio nel sito A6, posto a 60 m a SE). Tale comportamento, pertanto, è riconducibile alle attività che si stavano svolgendo nell'area.

Per quanto riguarda la sostanza organica, i tenori registrati durante i lavori di installazione sono apparsi ancora modesti, anche se non è possibile escludere l'ipotesi che presso la struttura si stesse verificando un processo di accumulo; infatti in BO NW il contenuto di materia organica è risultato più che triplicato rispetto al pre-survey. Il TOC, rinvenuto prima delle operazioni esclusivamente in un controllo, durante i lavori è stato osservato in tutti i siti campionati inclusi quelli di riferimento; pertanto, la sua comparsa non può essere relazionata alle attività in corso.

**Ecotossicologia dei sedimenti** - Durante i lavori di installazione della piattaforma Bonaccia NW è stato deciso di monitorare anche la stazione BO SW non prevista dalla Specifica Tecnica in quanto, al momento del campionamento dei sedimenti, era stato notato un sottile strato compatto riconducibile presumibilmente ai fanghi di perforazione. I risultati relativi a questo sito sono stati in linea con gli altri per tutti i saggi biologici impiegati, per cui non si ritiene necessario continuare a campionarlo nei survey successivi.. I saggi biologici con *Dunaliella tertiolecta*, *Vibrio fischeri* e *Corophium orientale* hanno tutti confermato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata già osservata nel pre-survey. Per quanto concerne il test con *Crassostrea gigas*, invece, è stata rilevata una tossicità bassa in un sito a 60 m dalla piattaforma e in un controllo, e una tossicità media sempre in una stazione a 60 m e in un riferimento, suggerendo un peggioramento rispetto al pre-survey, quando tutte le stazioni erano risultate prive di tossicità. Comunque, poiché tale peggioramento si è verificato anche ai controlli, non è riconducibile ai lavori di installazione quanto a dei cambiamenti ambientali generalizzati.

I risultati del test di bioaccumulo eseguito utilizzando esemplari di *Hediste diversicolor* hanno confermato la biodisponibilità diffusa solo di due dei 14 metalli esaminati (Hg e Ni) già osservata nel pre-survey. Tutti gli altri o sono risultati al di sotto del limite di rilevabilità strumentale, o sono stati rilasciati dagli organismi testati. Solo il cromo è apparso bioaccumulato in corrispondenza della piattaforma (BO SE) e il silicio presso un

controllo. Nel complesso, dunque, durante i lavori di installazione non sono stati evidenziati cambiamenti eclatanti rispetto al pre-survey.

**Comunità bentonica** – Le comunità rinvenute in tutte le stazioni durante i lavori di installazione di Bonaccia NW sono risultate principalmente rappresentate da policheti, seguiti dai crostacei e dai molluschi. Gli echinodermi, che erano stati censiti unicamente in due siti con una sola specie nel pre-survey, sono scomparsi del tutto nell'ultimo campionamento. È stata confermata una prevalenza di taxa tipici di fondali limicoli. Unica eccezione è stata la stazione BO NW, in cui hanno prevalso (seppur di poco) gli organismi indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti, che sono risultati comunque ben rappresentati anche nelle altre stazioni, andando a costituire ovunque il secondo gruppo biocenotico. Nonostante i sedimenti siano risultati costituiti per circa 2/3 da sabbia, gli organismi sabulicoli sono rimasti poco rappresentativi della comunità associata all'area indagata, analogamente a quanto riscontrato presso altre strutture offshore installate sulla stessa tipologia di fondale di Bonaccia NW (Fabi *et al.*, 2016a; 2016b; 2016c; 2016d) e in altre aree con caratteristiche granulometriche simili (Marzialetti *et al.*, 2006; La Porta *et al.*, 2009).

La comunità bentonica rinvenuta nell'area circostante Bonaccia NW, che già presentava un numero di individui e di specie bassi durante il pre-survey e rispetto ad altre piattaforme estrattive come Annamaria B, Elettra e Fauzia e ai pozzi sottomarini Bonaccia Est 2&3 (Fabi *et al.*, 2016a; 2016b; 2016c; 2016d), è risultata ulteriormente impoverita nei siti corrispondenti alla piattaforma durante i lavori d'installazione. Durante il pre-survey, invece, nell'area della futura piattaforma era stata osservata una buona omogeneità nell'area indagata, sia in termini quantitativi che di struttura dei popolamenti. La variazione osservata, seppur non particolarmente accentuata, è verosimilmente imputabile ai lavori di perforazione e l'installazione di Bonaccia NW.

L'MDS ha confermato tale situazione, raggruppando in un unico cluster i controlli e le stazioni poste a 60 m a Est di Bonaccia NW campionati durante la posa in opera della struttura con tutti i siti monitorati nel pre-survey, ma isolando le stazioni a ridosso della piattaforma del durante lavori.

Da un'analisi più approfondita sulla struttura dei popolamenti mediante l'applicazione degli indici W di Clarke, AMBI e BENTIX, che consente di effettuare una valutazione dello stato ambientale come richiesto dalla Direttiva 2000/60/EC, è stato evidenziato un miglioramento dello stato ecologico dell'intera area indagata, contrariamente a quanto

finora descritto. Si è passati infatti da uno stato ecologico compreso tra il buono e il buono/moderato nel pre-survey, a uno tra il buono e l'alto/buono nel survey condotto durante l'installazione di Bonaccia NW. Tale miglioramento, evidente soprattutto nelle stazioni poste a Ovest di Bonaccia NW, potrebbe essere correlato all'elevata densità registrata in queste stazioni del crostaceo decapode *Upogebia deltaura*, classificato negli indici AMBI e BENTIX come specie indicatrice di una buona situazione ambientale. Questo decapode era stato campionato, sia nell'area di Bonaccia NW, che ai controlli, anche durante il pre-survey, anche se in maniera del tutto sporadica e con densità molto ridotte. Analizzando le sue abitudini comportamentali si può ipotizzare che durante il pre-survey gli animali si trovassero all'interno delle loro tane, ubicate a circa 50 cm nel sedimento (Hall-Spencer e Atkinson, 1999) e quindi a una profondità superiore a quella di penetrazione della benna utilizzata per i campionamenti. Solo alcuni esemplari, forse aventi le tane lievemente più superficiali, erano stati prelevati e, pertanto, il numero di individui campionati in questo periodo era risultato molto ridotto. Al contrario, durante l'installazione della piattaforma, la movimentazione dei sedimenti potrebbe aver causato il collasso o l'occlusione degli ingressi delle tane di *U. deltaura*, provocando la risalita degli esemplari negli strati più superficiali del sedimento dove si sono resi vulnerabili allo strumento di campionamento. Tale ipotesi sembrerebbe confermata dalla quasi totale assenza di ritrovamenti di questa specie, in entrambi i survey, nelle stazioni di controllo, che non sono state interessate dal disturbo fisico della perforazione e nelle quali gli animali potrebbero essere presenti all'interno delle loro tane profonde.

Il miglioramento dello stato ecologico riscontrato nei siti di controllo K1 e K4 è invece correlato alla riduzione e/o aumento delle densità di alcune specie tolleranti e/o sensibili agli impatti ambientali, come ad esempio i policheti *Ampharete acutifrons*, *A. filiformis*, *Notomastus aberans* e *O. cylindricaudata*, il mollusco *Hyala vitrea* e il sipunculide *Onchnesoma steenstrupii*.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. 2010. Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (Parte II). *Biol. Mar. Medit.*, 17(1): 387-828.
- Al-Saad H.T. 1990. Distribution and sources of aliphatic hydrocarbons in fish from the Arabian Gulf. *Mar. Pollut. Bull.*, 21: 155-157.
- Alves L.C., Allen L.A., Houk R.S. 1993. Measurement of vanadium, nickel, and arsenic in seawater and urine reference materials by inductively coupled plasma mass spectrometry with cryogenic desolvation. *Anal. Chem.*, 65(18): 2468-2471.
- Annibaldi A., Truzzi C., Illuminati S., Scarponi G. 2009. Recent sudden decrease of lead in Adriatic coastal seawater during the years 2000–2004 in parallel with the phasing out of leaded gasoline in Italy. *Mar. Chem.*, 113: 238–249.
- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- Artegiani A. 1996. *Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols*. MAST II Mediterranean Targeted Project. 34 pp.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 1492–1514.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515–1532.
- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment-associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA: 1072-1121.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalghe*. ASTM E1218-04-E1. 14 pp.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724-98. 21 pp.
- Augier H. 1992. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthique de la Méditerranée*. Conseil de l'Europe. U.E.R. Des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Luminy Marseille. 59 pp.
- Avancini M., Cicero A.M., Di Girolamo I., Innamorati M., Magaletti E., Sertorio Zunini T. 2006. *Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani*, Vol. I-II – Zooplancton Neritico – Tavole. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio – DPN; ICRAM – Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica applicata al mare.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Bellan Santini D., Ledoyer M. 1972. Inventaire des amphipodes gammariens récoltés dans la Région de Marseille. *Tethys*, 4 (4): 899-934.
- Bellan G., Bellan Santini D., Picard J. 1980. Mise en évidence de modèles eco-biologiques dans des zones soumises à perturbations par matières organiques. *Oceanol. Acta*, 3: 383-390.
- Berard-Therriault L., Poulin M., Bossé L. 1999. *Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. NRC Research Press, 387 pp.
- Bernardi Aubry F., Cossarin, G., Acri F., Bastianini M., Bianchi F., Camatti E., De Lazzari A. Pugnetti A., Solidoro C., Socal G. 2012. Plankton communities in the northern Adriatic Sea: Patterns and changes over the last 30 years, *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 115: 125-137.

- 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.
- Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.
- Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.
- Camatti E., Comaschi A., de Olazabal A., Fonda Umani S. 2008. Annual dynamics of the mesozooplankton communities in a highly variable ecosystem (North Adriatic Sea, Italy). *Mar. Ecol.*, 29: 387-398.
- Canli M., Furness R.W. 1995. Mercury and cadmium uptake from seawater and from food by the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 14: 819-828.
- Chimenz Gusso C., Gravina M.F., Maggiore F.R. 2001. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 175-182.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24(2): 133-140.
- Crompton T.R. 2006. *Analysis of Seawater. A Guide for the Analytical and Environmental Chemist*. CRC Press. 297 pp.
- De Olazabal A., Tirelli V. 2011. First record of the egg-carrying calanoid copepod *Pseudodiaptomus marinus* in the Adriatic Sea. *Mar. Biodiv. Rec.*, 4: 4 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.
- DM 56/2009. *Regolamento recante “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo”*.
- DM 260/2010. *Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”*.

- DM 172/2015. *Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore delle acque.*
- 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.
- EC. 2003. *Towards a guidance on establishment of the intercalibration network and the processes on the intercalibration exercise.* CIS Working Group 2.5 (Intercalibration), Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission. 54 pp.
- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests.* EPA/600/R-93/183. 246 pp.
- EPA. 2003a. *Volatile organic compounds in various sample matrices using equilibrium headspace analysis.* EPA METHOD 5021A. 25 pp.
- EPA. 2003b. *Nonhalogenated organics using gc/fid.* EPA METHODS 8015D. 37 pp.
- EPA. 2007a. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry.* EPA METHOD 7473. 15 pp.
- EPA. 2007b. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry.* EPA METHOD 7010. 24 pp.
- EPA. 2007c. *Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.* EPA METHOD 6010C. 34 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001a. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M. 2001b. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Anemone (1999-2000). Rapporto finale.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 119 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Panfili M. 2002. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Calpurnia. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2000-2001).* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 65 + IX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002).* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003).* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005).* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008).*



- Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + xlvi pp.
- Fabi G., Bolognini L., De Ranieri S., Domenichetti F., Nasci C., Penna P., Santelli A., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea. 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., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2016a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini "Bonaccia EST 2 e Bonaccia EST 3" Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. II anno successivo ai lavori di installazione (2012) - Rapporto semestrale*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 155 + LII pp.
- Fabi G., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. III anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto semestrale (estate 2012)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 241 + LVII pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Biasi A.M., Gaetani A., Polidori P., Santelli A., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 1° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2014). Rapporto n. 4*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 219 + LV pp.
- Fabi G., Boldrin A., Borghini M., Cuicchi C., De Biasi A.M., Gaetani A., Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Fauzia a Barbara B. 1° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (ottobre - dicembre 2014). Rapporto n. 4*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 211 + LXV pp.
- Godrijan J., MaricPfanckuchen D., Tomažić I., Precali R., Pfanckuchen M. 2012. Seasonal phytoplankton dynamics in the coastal waters of the north-eastern Adriatic Sea. *J. Sea Res.*, 77: 32-44.
- Grasshoff K., Cremling K., Erhardt M. 1999. *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, Germany. 600 pp.
- Hall-Spencer J.M., Atkinson R.J.A. 1999. *Upogebia deltaura* (Crustacea: Thalassinidea) in Clyde Sea maerl beds, Scotland. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 79: 871-880.
- Heimdal B.R. 1993 *Modern Coccolithophorids*. Pagg. 147-248. In: *Marine phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Tanos editors, Academic Press.
- Hendey N.I. 1964. *An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae, Diatoms*. Fishery Invest. Lond. Ser. IV 5. 317 pp.
- Hure J., Krsinic F. 1998. *Planktonic copepods of the Adriatic Sea. Fauna Croatica*. Vol. 7 (2). 135 pp.
- Hustedt F. 1930-1966. *Die Kieselalgen von Deutschland, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzender Mehresgebiete*. In:

- Rabenhorst's Kriptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz. Akad; Verlag. m. b. H. Leipzig. 7 : Tl. 2. 920 pp. : Tl., 2 845 pp. ; Tl. 3, 816 pp.
- ICRAM. 2001. *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)*.
- ICRAM, 2006. *Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani*. ROMA, Ministero Ambiente e Tutela del territorio e del mare. 503 pp.
- 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.
- La Porta B., Targusi M., Lattanzi L., La Valle P., Paganelli D., Nicoletti L. 2009. Relict sand dredging for beach nourishment in the central Tyrrhenian Sea (Italy): effects on benthic assemblages. *Mar. Ecol.*, 30(1): 97-104.
- Law R.J. 1978. Determination of petroleum hydrocarbons in water, fish and sediments following the Ekofisk blow-out. *Mar. Poll. Bul.*, 9: 321-324.
- Leonori I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Bonaccia NW*. Rapporto finale per Servizio di Monitoraggio Ambientale - ENI S.p.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). 133 pp.
- Losso C., Picone M., Arizzi Novelli A., Delaney E., Ghetti P.F., Volpi Ghirardini A. 2007. Developing toxicity scores for embryotoxicity tests on elutriates with the sea urchin *Paracentrotus lividus*, the oyster *Crassostrea gigas* and the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53: 220–226.
- Marić D., Kraus R., Godrijan J., Supić N., Djakovac T., Precali R. 2012. Phytoplankton response to climatic and anthropogenic influences in the north-eastern Adriatic during the last four decades. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 115: 98–112.
- 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.
- Marzialetti S., Gabellini M., La Porta B., Lattanzi L., La Valle P., Paganelli D., Panfili M., Targusi M., Nicoletti L. 2006. Attività di dragaggio ai fini di ripascimento al largo di Montalto di Castro (VT): effetti sul popolamento a policheti. *Biol. Mar. Medit.*, 13(11): 601-605.
- 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.
- Muxica I., Borja A., Bonne W. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecol. Indic.*, 5: 19-31.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. 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.

- Pascher A. 1915. *Die Susswasser-flora Deutschlands, Osterrerrichs und der Schweiz*. Jena Verlag von Gustav Fisher. 250 pp.
- Peragallo H., Peragallo M. 1897-1908. *Diatomees Marine de France et des Districts Maritimes Voisins*. Micrographe Editeur Grez sur Loing (S. et M.). 419 pp.
- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Mediterranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York. 424 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda)*. Vol. 1. Publ. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Rampi L. 1981. *Chiave per la determinazione delle Coccolitoforidee Mediterranee*, C.N.E.N., Roma. 98 pp.
- Rampi L., Bernhardt M. 1980. *Chiave per la determinazione tassonomica delle Peridinee Pelagiche Mediterranee*, C.N.E.N., Roma. 193 pp.
- Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.
- Rose M. 1933. *Faune de France (26) – Copepodes pélagiques*. Ed. Paul Lechevalier, Paris, France.
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 1990. Ossigeno disciolto. Pagg. 91-103. In: Innamorati M., Ferrari I., Marino D., Ribera d'Alcalà M. (Eds.), *Metodi nell'ecologia del plancton marino*. Nova Thalassia, Vol. 11.
- Salen-Picard C. 1985. Indicateurs biologiques et sedimentation en milieu circalitoral Mediterranéen. *Rapp. p. v. Réu. Comm. Int. pour l'Explor. Sci. Mer Médit.*, 29: 5.
- Schiller J. 1931-37. *Dinoflagellatae (Peridineae) Monografischer Behandlung*. In: Rabenhorst Kriptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz. Verlag. m. b. H. Leipzig. 10 (3) -1, 1-617, (1931-1933), (10) 3-2, 1-590, (1933-1937).
- Serrazanetti G.P., Conte L.S., Carpené E., Bergami C., Fonda Umani S. 1991. Distribution of aliphatic hydrocarbons in plankton of Adriatic Sea open waters. *Chemosphere*, 23(7): 925-938.
- 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.
- Simboura N., Panayitodus P., Papathanassiou E. 2005. A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean Ecoregion: the case of Saronikos Gulf. *Ecol. Ind.*, 5: 253-266.
- Sokal R., Rohlf, J. 1981. *Biometry*. 2nd Ed., Freeman & Co., San Francisco. 859 pp.
- Sournia A. 1987. *Atlas du phytoplankton marin. Editions du Centre National de la recherche Scientifique*. (1), 1-219, (2) 1-297.
- Spagnolo A., Punzo E., Santelli A., Scarcella G., Strafella P., Grati F., Fabi G. 2014. Offshore platforms: comparison of five benthic indicators for assessing the macrozoobenthic stress level. *Mar. Pollut. Bull.*, 82: 55-65.
- 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.
- Thronsen J. 1993. The planktonic marine flagellates. Pagg. 7-131. In: *Marine phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Tanos editors, Academic Press.
- Tomas C.R. 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, Arcourt Brace & Company.
- Totti C., Artegiani A. 2001. Phytoplankton times series in the northern Adriatic Sea: the Senigallia transect (1988-1994). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 107-111.
- 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.
- Totti C., Cucchiari EM., Romagnoli T. 2002. Intra and interannual variability of phytoplankton in coastal area of Senigallia (northern Adriatic Sea) from 1988 to 2000. *Biol Mar Medit.*, 9(1): 391-399.
- Totti C., Cangini M., Ferrari C., Kraus R., Pompei M., Pugnetti A., Romagnoli T., Vanucci S., Socal G. 2005. Phytoplankton size-distribution and community structure in relation to mucilage occurrence in the northern Adriatic Sea. *Sci Total Environ.*, 353(1–3): 204–217.
- Treguboff G., Rose M. 1957. Manuel de planctologie Mediterranee. Paris. *Centre Nat. Rech. Sci.*, 1: 1-587.
- UNI EN ISO. 2000. *Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Skeletonema costatum e Phaeodactylum tricorutum*. 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.
- Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 9: 1-38
- 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.
- Vilicic D., Marasovic I., Miokovic D. 2002. Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea, *Acta Botanica Croatica*, 61(1): 57–91.
- 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.
- Winkler L.W. 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelosten Sauerstoffes. *Chem. Ber.*, 21: 2843-2855.
- 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., Chadjianestis I., Lantzoumi M., Simboura M., Sklivagou E., Arvanitakis G. 2004a. The Eurobulker oil spill: mid-term changes of some ecosystem indicators. *Mar. Pollut. Bull.*, 48: 12-131.
- Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004b. The use of BENTIX in Assessing Ecological Quality of coastal waters across the Mediterranean. Proceedings of an international workshop on the promotion and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems. Intergovernmental Oceanographic Commission. Workshop Report n. 195: 19-22.
- Zingone A., Totti C., Sarno D., Cabrini M., Caroppo C., Giacobbe M.G., Luglié A., Nuccio C., Socal G., 2010. *Fitoplancton: metodiche di analisi quali-quantitativa*. In: Metodologie di studio del plancton marino Socal et al. (Eds.). Manuali e Linee Guida, 56/2010.

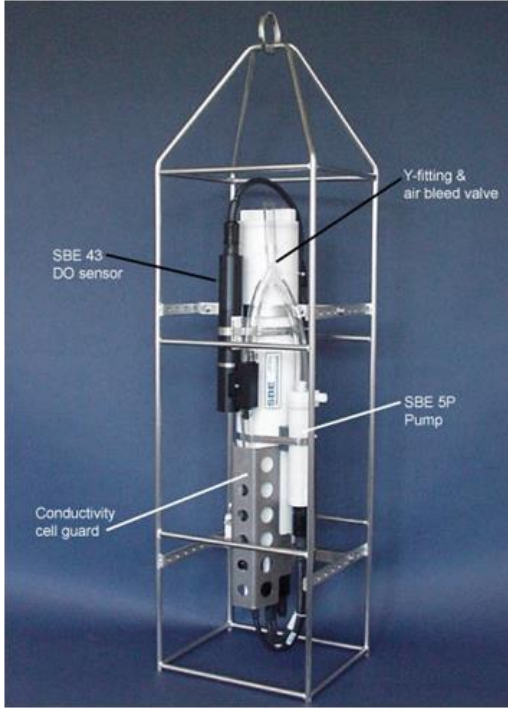
*ALLEGATO A*

**SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE**

**UTILIZZATA NELLE INDAGINI**

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

**SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”**

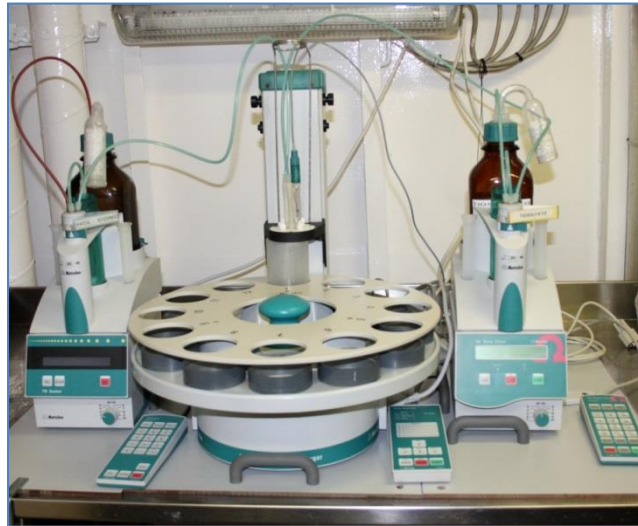


**CTD:** Sea Bird Electronics SBE19plusV2 (frequenza di campionamento 24 Hz) dotato dei seguenti sensori:

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	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	$\pm 0,1 \%$ 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:** Rosette General Oceanics equipaggiato con 12 bottiglie idrologiche Niskin da 10 lt.

**A1-III** Sistema di titolazione automatico con Metrohm Basic Titrino 794 e campionatore, utilizzato per le analisi dell'ossigeno disciolto

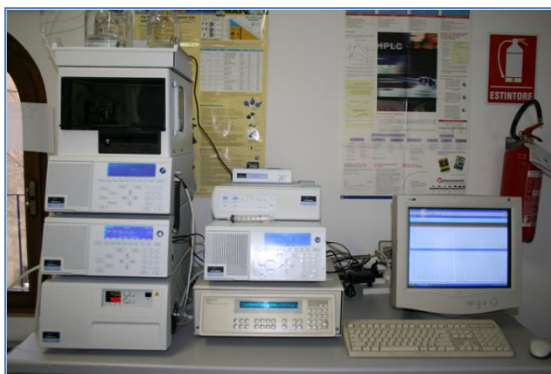


**A1-III** Analizzatore colorimetrico automatico EasyChem Plus™ per l'analisi dei sali nutritivi





### A1-IV HPLC per l'analisi dei pigmenti clorofilliani



HP 1090 dotato di detector DAD (photodiode array detector).

### A1-V BILANCIA ANALITICA



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

**A1- VI Analisi metalli pesanti - Spettrometro di massa ICP-MS  
Agilent Technologies serie 7700**



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



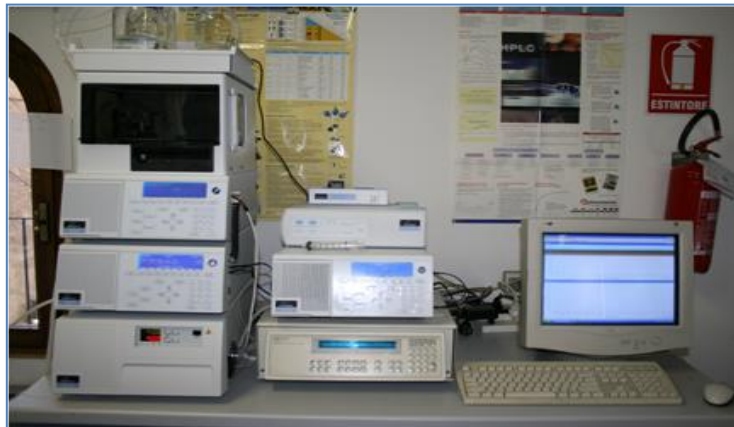
**A1- VIII Analisi BTEX - Spettrofotometro di massa quadrupolare  
HEWLWTT-PACKARD GC/MS 5973 Network**



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



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



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



## A2

### INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

#### A2-I BOX-CORER per il prelievo dei campioni



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

#### A2-II BILANCIA ELETTRONICA



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

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

### A2-III STUFA TERMOSTATA “HIGH PERFORMANCE”



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

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

### A2-IV SETACCI



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

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

## A2-V DENSIMETRO



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

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

## A2-VI GAS-CROMATOGRAFO DOPPIA COLONNA, RIVELATORE FID - PERKIN ELMER SIGMA3B – DUAL FID



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

## **A2-VII DMA 80 per la misurazione del MERCURIO**



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

## **A2-VIII VARIAN SPECTRA AA-240 Z per la misurazione di CADMIO e PIOMBO E ARSENICO**

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



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



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

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





## A3

### INDAGINI SULLE COMUNITA' BENTONICHE

#### 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

# **ALLEGATO B**

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

**K1 - K4**

### **SURVEY DURANTE I LAVORI DI INSTALLAZIONE**



## Stazione A3 (60 m NW)

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	126,46
Peso umido (g)	Pu	232,35
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

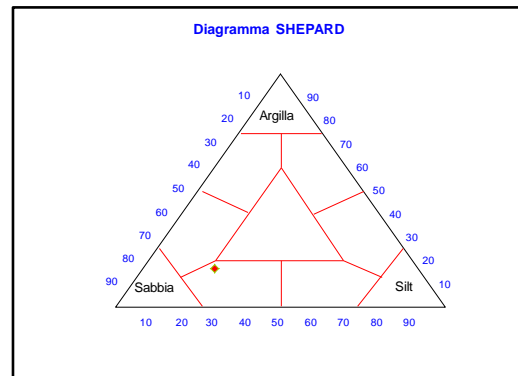
Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,73
Classazione	$\sigma_n$	2,78
Asimmetria	$S_{kp}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,87
Mediana	Md	3,63

Percentile	$\phi$
5°	2,12
16°	2,51
25°	2,82
50°	3,63
75°	6,34
84°	8,06
95°	9,62

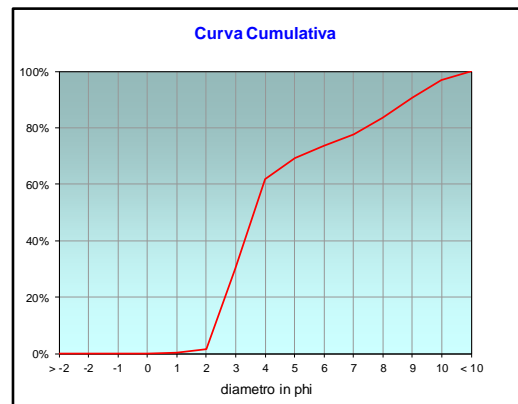
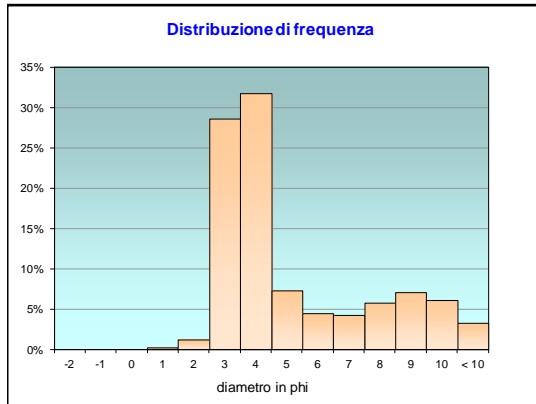
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,34	1	500	0,27%	0,27%
	1,55	2	250	1,22%	1,49%
	36,21	3	125	28,63%	30,13%
Limo	40,13	4	62,5	31,73%	61,86%
	9,18	5	31	7,26%	69,12%
	5,63	6	15,6	4,46%	73,57%
	5,33	7	7,8	4,22%	77,79%
Argilla	7,34	8	3,9	5,80%	83,59%
	8,90	9	2,0	7,04%	90,63%
	7,75	10	0,98	6,13%	96,76%
	4,10	< 10	< 0,98	3,24%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	61,86%	21,73%	16,41%

**Note**  
2,88 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	platicurtica



## Stazione BO NW

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	133,88
Peso umido (g)	Pu	237,93
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,79
Classazione	$\sigma_n$	2,80
Asimmetria	$S_{kp}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,84
Mediana	Md	3,68

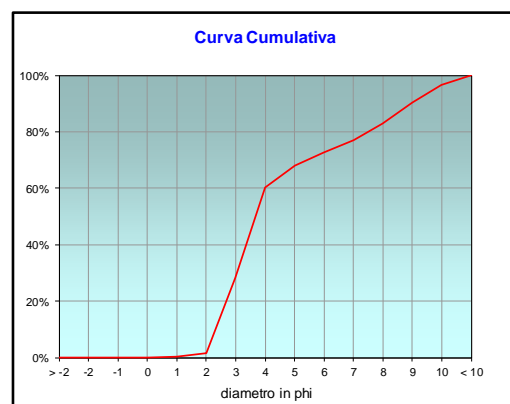
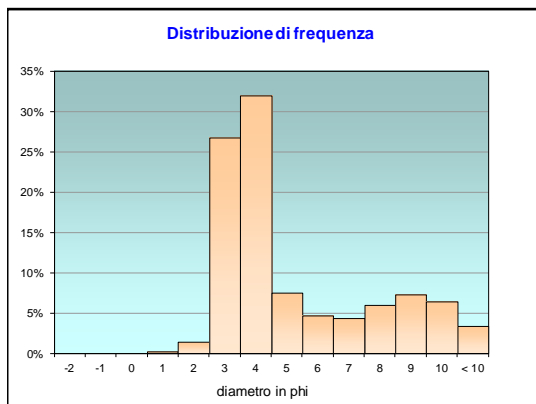
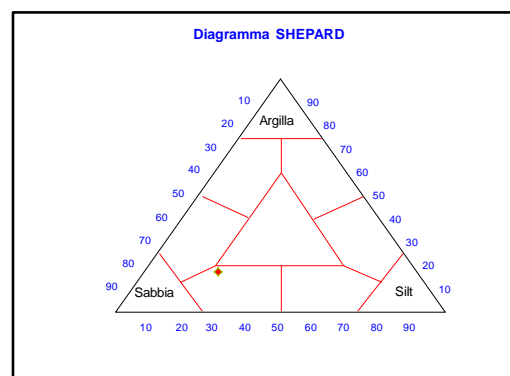
Percentile	$\phi$
5°	2,13
16°	2,54
25°	2,87
50°	3,68
75°	6,56
84°	8,14
95°	9,65

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,29	1	500	0,22%	0,22%
	1,83	2	250	1,37%	1,59%
	35,87	3	125	26,79%	28,38%
Limo	42,85	4	62,5	32,01%	60,38%
	10,09	5	31	7,54%	67,92%
	6,20	6	15,6	4,63%	72,55%
	5,87	7	7,8	4,38%	76,93%
Argilla	8,07	8	3,9	6,03%	82,96%
	9,79	9	2,0	7,31%	90,27%
	8,52	10	0,98	6,37%	96,64%
	4,50	< 10	< 0,98	3,36%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	60,38%	22,58%	17,04%

Note
3,1 g di materiale organogeno (conchiglie)

Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	platicurtica



## Stazione BO SE

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	126,32
Peso umido (g)	Pu	226,88
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

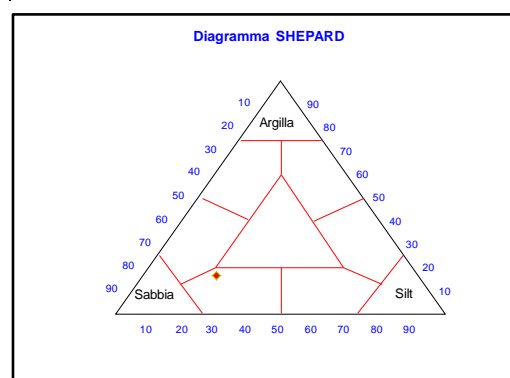
Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,74
Classazione	$\sigma_n$	2,77
Asimmetria	$S_{kp}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,88
Mediana	Md	3,65

Percentile	$\phi$
5°	2,12
16°	2,52
25°	2,85
50°	3,65
75°	6,33
84°	8,05
95°	9,62

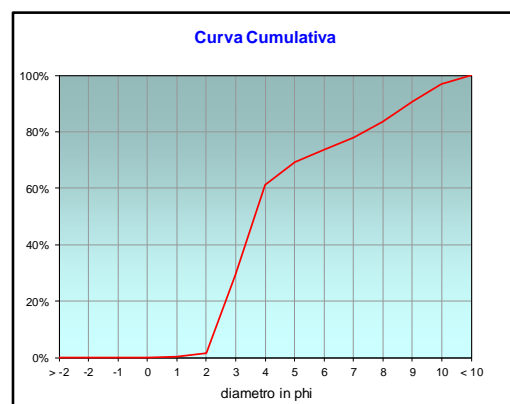
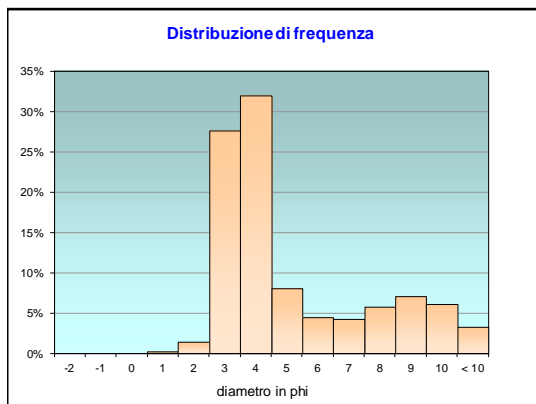
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,22	1	500	0,17%	0,17%
	1,85	2	250	1,46%	1,64%
	34,87	3	125	27,61%	29,24%
Limo	40,33	4	62,5	31,93%	61,17%
	10,10	5	31	7,99%	69,16%
	5,62	6	15,6	4,45%	73,61%
	5,32	7	7,8	4,21%	77,82%
Argilla	7,32	8	3,9	5,79%	83,62%
	8,88	9	2,0	7,03%	90,65%
	7,73	10	0,98	6,12%	96,77%
	4,09	< 10	< 0,98	3,23%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	61,17%	22,45%	16,38%

**Note**  
2,47 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	platicurtica



## Stazione A6 (60 m SE)

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	137,05
Peso umido (g)	Pu	232,48
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

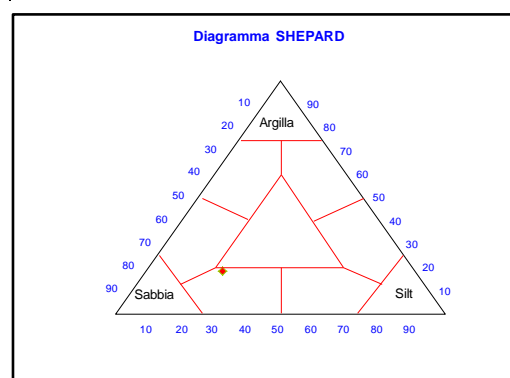
Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,86
Classazione	$\sigma_n$	2,87
Asimmetria	$S_{kp}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,77
Mediana	Md	3,73

Percentile	$\phi$
5°	2,14
16°	2,56
25°	2,91
50°	3,73
75°	6,95
84°	8,29
95°	9,69

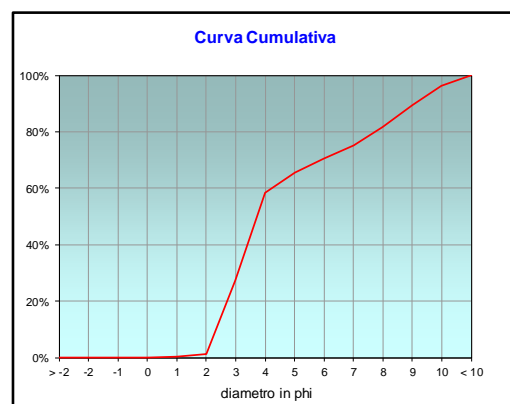
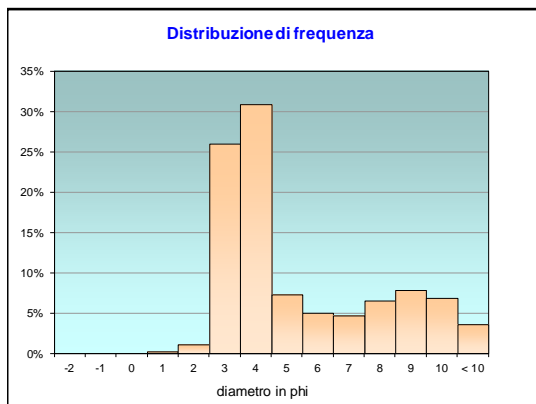
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,35	1	500	0,26%	0,26%
	1,55	2	250	1,13%	1,39%
	35,66	3	125	26,02%	27,41%
Limo	42,33	4	62,5	30,89%	58,29%
	9,95	5	31	7,26%	65,56%
	6,81	6	15,6	4,97%	70,52%
	6,45	7	7,8	4,70%	75,23%
Argilla	8,87	8	3,9	6,47%	81,70%
	10,76	9	2,0	7,85%	89,55%
	9,37	10	0,98	6,84%	96,39%
	4,95	< 10	< 0,98	3,61%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	58,29%	23,41%	18,30%

**Note**  
3,18 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	platicurtica





## Stazione B3 (60 m NE)

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	144,93
Peso umido (g)	Pu	238,56
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,76
Classazione	$\sigma_n$	2,75
Asimmetria	$S_{kp}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,90
Mediana	Md	3,66

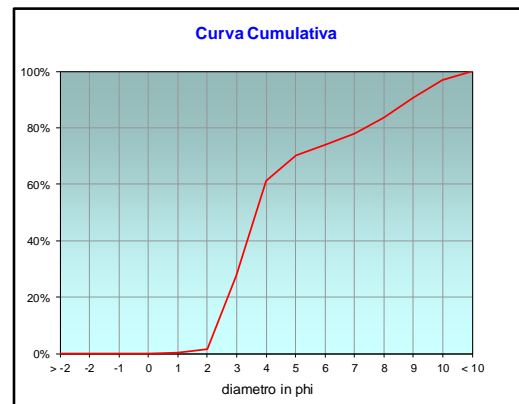
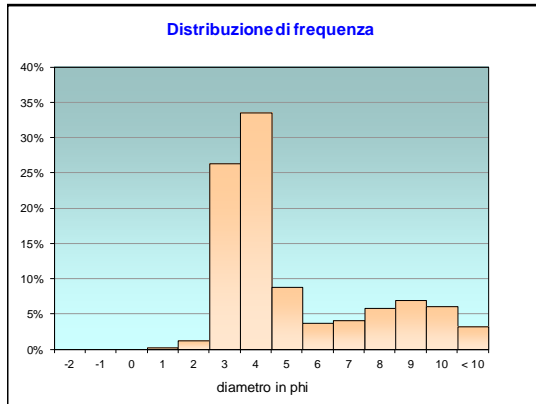
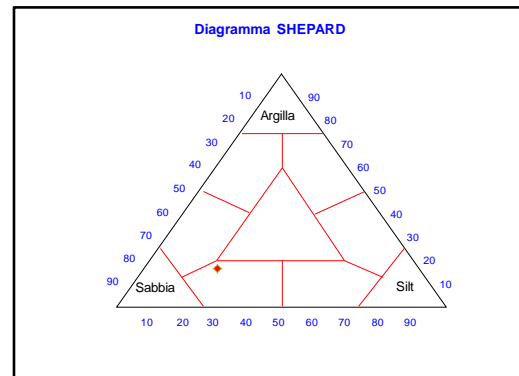
Percentile	$\phi$
5°	2,14
16°	2,55
25°	2,90
50°	3,66
75°	6,29
84°	8,05
95°	9,62

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,34	1	500	0,23%	0,23%
	1,72	2	250	1,18%	1,42%
	38,10	3	125	26,29%	27,70%
Limo	48,63	4	62,5	33,55%	61,26%
	12,82	5	31	8,85%	70,10%
	5,40	6	15,6	3,73%	73,83%
	5,86	7	7,8	4,04%	77,87%
Argilla	8,38	8	3,9	5,78%	83,66%
	10,16	9	2,0	7,01%	90,67%
	8,85	10	0,98	6,11%	96,77%
	4,68	< 10	< 0,98	3,23%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	61,26%	22,40%	16,34%

Note
7,1 g di materiale organogeno (conchiglie)

Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	mesocurtica



## Stazione BO SW

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	126,82
Peso umido (g)	Pu	238,33
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	$M_e$	4,68
Classazione	$\sigma_{\phi}$	2,69
Asimmetria	$S_{K\phi}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,98
Mediana	Md	3,62

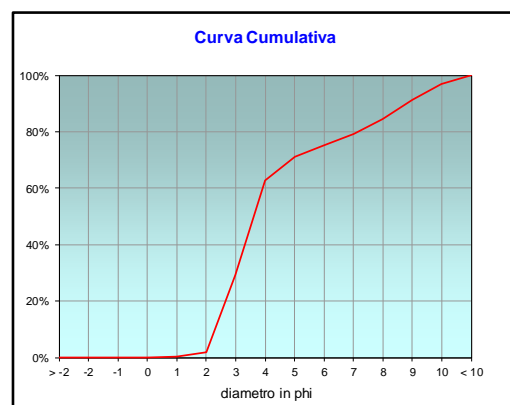
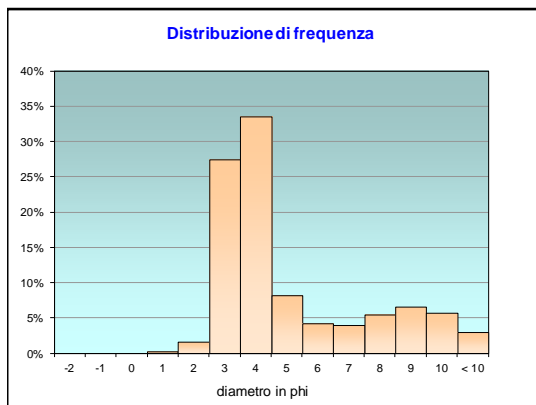
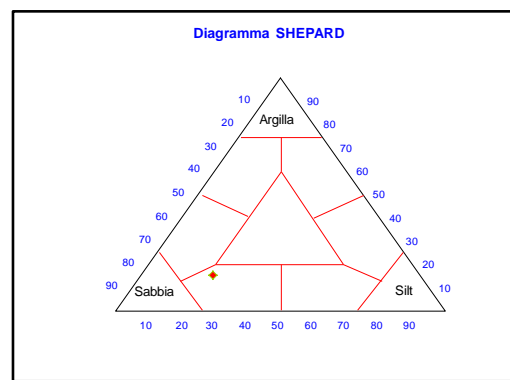
Percentile	$\phi$
5°	2,12
16°	2,52
25°	2,85
50°	3,62
75°	5,96
84°	7,89
95°	9,57

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,26	1	500	0,20%	0,20%
	1,97	2	250	1,56%	1,76%
	34,82	3	125	27,46%	29,21%
	42,55	4	62,5	33,55%	62,77%
Limo	10,43	5	31	8,22%	70,99%
	5,31	6	15,6	4,19%	75,18%
	5,02	7	7,8	3,96%	79,14%
	6,91	8	3,9	5,45%	84,59%
Argilla	8,38	9	2,0	6,61%	91,20%
	7,30	10	0,98	5,76%	96,96%
	3,86	< 10	< 0,98	3,04%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	62,77%	21,82%	15,41%

**Note**  
3,06 g di materiale organogeno (conchiglie)

Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	mesocurtica



## Stazione B6 (60 m SW)

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	138,36
Peso umido (g)	Pu	223,82
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

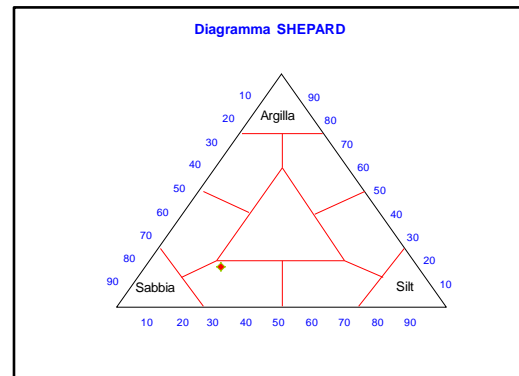
Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,81
Classazione	$\sigma_n$	2,77
Asimmetria	$S_{kp}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,86
Mediana	Md	3,71

Percentile	$\phi$
5°	2,15
16°	2,60
25°	2,96
50°	3,71
75°	6,53
84°	8,13
95°	9,64

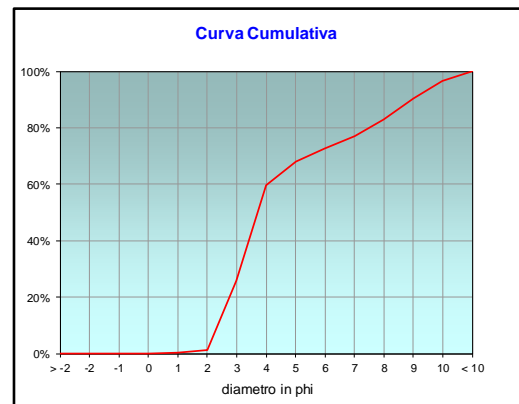
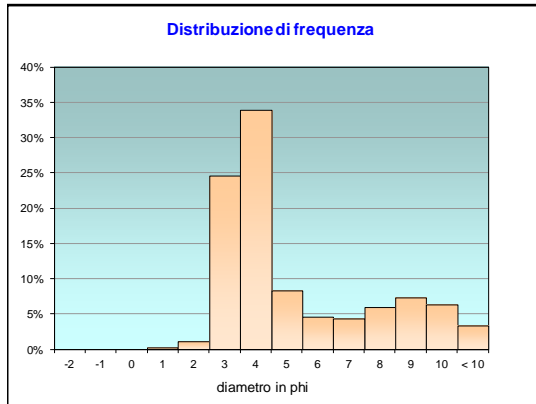
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,31	1	500	0,22%	0,22%
	1,46	2	250	1,06%	1,28%
	34,07	3	125	24,62%	25,90%
Limo	46,87	4	62,5	33,88%	59,78%
	11,46	5	31	8,28%	68,06%
	6,38	6	15,6	4,61%	72,67%
	6,04	7	7,8	4,36%	77,03%
Argilla	8,30	8	3,9	6,00%	83,03%
	10,07	9	2,0	7,28%	90,31%
	8,77	10	0,98	6,34%	96,65%
	4,63	< 10	< 0,98	3,35%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	59,78%	23,25%	16,97%

**Note**  
6,33 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	platicurtica



# Stazione K1

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	137,50
Peso umido (g)	Pu	240,84
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

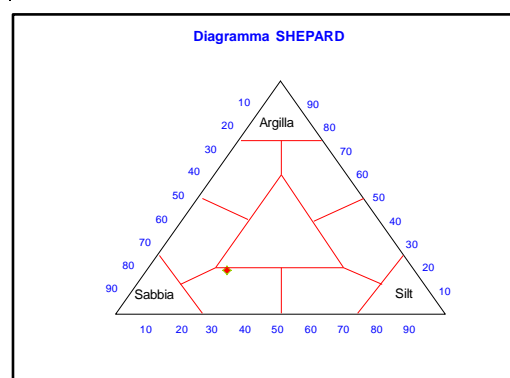
Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,88
Classazione	$\sigma_n$	2,87
Asimmetria	$S_{kp}$	0,29
Appuntimento	$K_G$	0,76
Mediana	Md	3,77

Percentile	$\phi$
5°	2,14
16°	2,57
25°	2,92
50°	3,77
75°	7,00
84°	8,31
95°	9,70

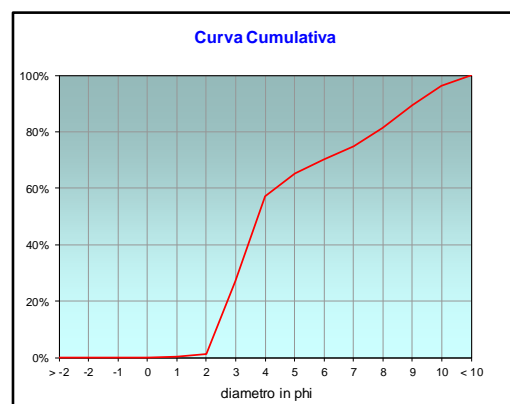
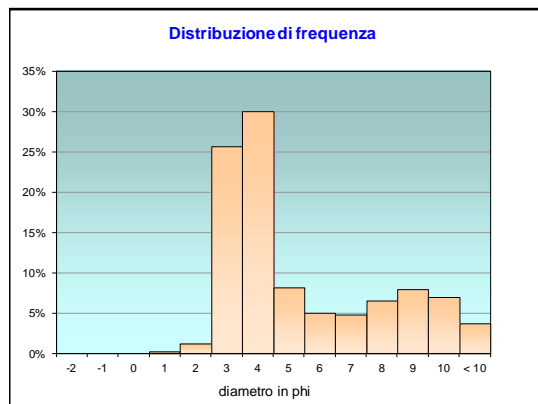
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,28	1	500	0,21%	0,21%
	1,63	2	250	1,18%	1,39%
	35,26	3	125	25,64%	27,03%
Limo	41,25	4	62,5	30,00%	57,03%
	11,24	5	31	8,18%	65,21%
	6,90	6	15,6	5,02%	70,23%
	6,53	7	7,8	4,75%	74,98%
Argilla	8,99	8	3,9	6,54%	81,52%
	10,90	9	2,0	7,93%	89,45%
	9,49	10	0,98	6,91%	96,35%
	5,02	< 10	< 0,98	3,65%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	57,03%	24,49%	18,48%

**Note**  
2,72 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	platicurtica



## Stazione K2

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	138,09
Peso umido (g)	Pu	238,91
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

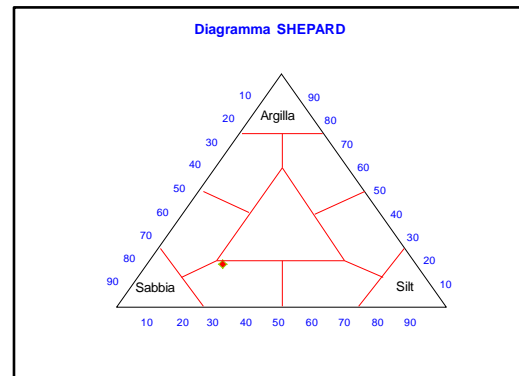
Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,87
Classazione	$\sigma_n$	2,83
Asimmetria	$S_{kp}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,79
Mediana	Md	3,74

Percentile	$\phi$
5°	2,16
16°	2,61
25°	2,98
50°	3,74
75°	6,90
84°	8,27
95°	9,69

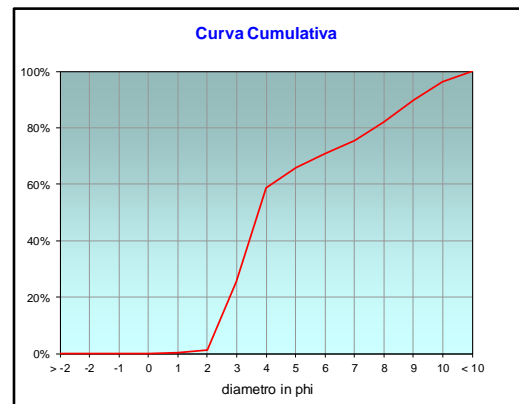
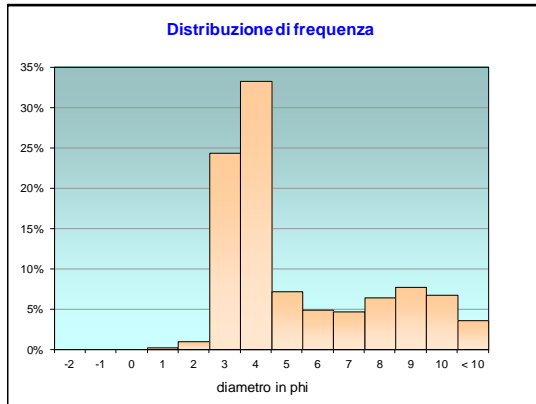
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,24	1	500	0,18%	1,10%
	1,28	2	250	0,93%	1,10%
	33,69	3	125	24,40%	25,50%
Limo	45,88	4	62,5	33,22%	58,72%
	9,92	5	31	7,19%	65,91%
	6,79	6	15,6	4,92%	70,83%
	6,43	7	7,8	4,66%	75,48%
Argilla	8,85	8	3,9	6,41%	81,89%
	10,73	9	2,0	7,77%	89,66%
	9,34	10	0,98	6,77%	96,42%
	4,94	< 10	< 0,98	3,58%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	58,72%	23,17%	18,11%

Note
2,2 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	molto positiva
Appuntimento	platicurtica



## Stazione K3

Parametri Fisici			
Peso secco (g)	Ps	129,11	
Peso umido (g)	Pu	230,63	
Peso specifico	G	n.d.	
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.	
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.	
Umidità (%)	W	n.d.	

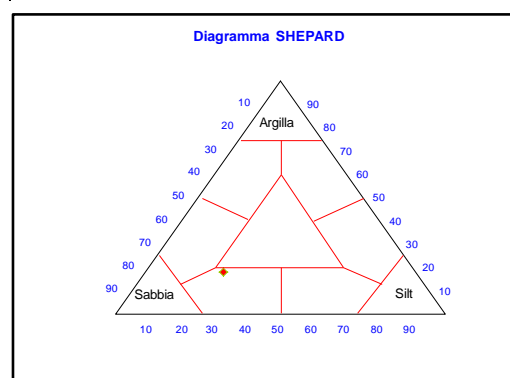
Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,84
Classazione	$\sigma_n$	2,85
Asimmetria	$S_{kp}$	0,29
Appuntimento	$K_G$	0,79
Mediana	Md	3,73

Percentile	$\phi$
5°	2,12
16°	2,56
25°	2,91
50°	3,73
75°	6,83
84°	8,25
95°	9,68

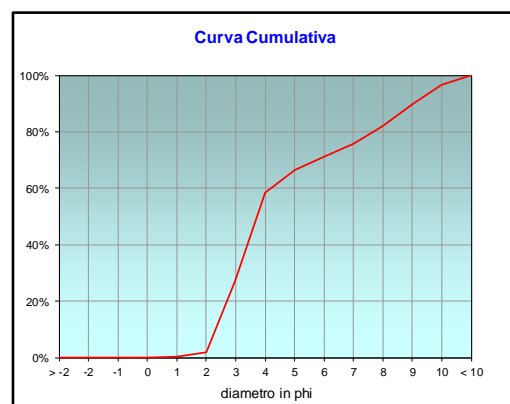
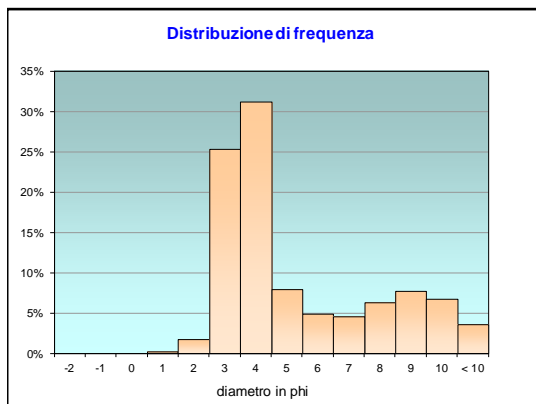
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,22	1	500	0,17%	0,17%
	2,26	2	250	1,75%	1,92%
	32,66	3	125	25,30%	27,22%
Limo	40,25	4	62,5	31,17%	58,39%
	10,22	5	31	7,92%	66,31%
	6,28	6	15,6	4,86%	71,17%
Argilla	5,94	7	7,8	4,60%	75,77%
	8,17	8	3,9	6,33%	82,10%
	9,91	9	2,0	7,68%	89,78%
	8,63	10	0,98	6,69%	96,47%
	4,56	< 10	< 0,98	3,53%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	58,39%	23,71%	17,90%

**Note**  
2,92 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	platicurtica



## Stazione K4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	127,35
Peso umido (g)	Pu	229,02
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

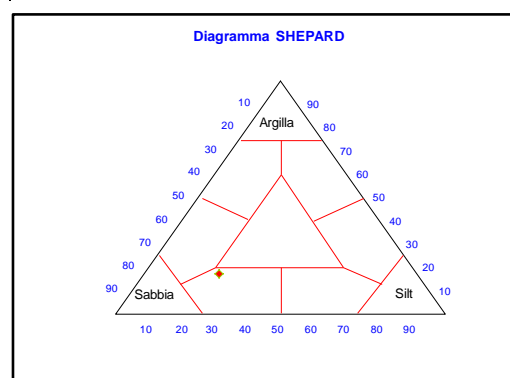
Parametri Statistici		
Media	$M_n$	4,81
Classazione	$\sigma_n$	2,81
Asimmetria	$S_{kp}$	0,30
Appuntimento	$K_G$	0,82
Mediana	Md	3,69

Percentile	$\phi$
5°	2,13
16°	2,55
25°	2,89
50°	3,69
75°	6,63
84°	8,17
95°	9,66

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,00	0	1000	0,00%	0,00%
	0,31	1	500	0,25%	0,25%
	1,73	2	250	1,36%	1,61%
	33,29	3	125	26,14%	27,75%
Limo	40,88	4	62,5	32,10%	59,85%
	9,73	5	31	7,64%	67,49%
	5,97	6	15,6	4,69%	72,18%
	5,65	7	7,8	4,44%	76,62%
Argilla	7,78	8	3,9	6,11%	82,73%
	9,43	9	2,0	7,41%	90,14%
	8,22	10	0,98	6,45%	96,59%
	4,34	< 10	< 0,98	3,41%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	59,85%	22,88%	17,27%

**Note**  
3,14 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	sabbia-siltosa
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	platicurtica

