

ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO ELETTRA**

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

5° ANNO DELLA FASE DI PRODUZIONE

Rapporto semestrale

RAPPORTO n. 15

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

**COORDINATORE:
GIANNA FABI**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:
ALESSANDRA SPAGNOLO**

**RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
ALESSANDRA SPAGNOLO
MIRENO BORGHINI
DANIELE CASSIN
ANNA MARIA DE BIASI
AMELIA DE LAZZARI
MARCO GIRASOLE
ALESSIO GOMIERO
LUDMILA KOZINKOVA
TANIA MANARINI
ANNALISA MINELLI
MARTINA SCANU**

ANCONA, 2020

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	4
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	6
2.1.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA	7
2.1.4.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	9
2.1.5.	ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA	10
2.1.6.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO	10
2.1.6.1	Campionamenti di pesca.....	10
2.1.6.2	Investigazioni acustiche.....	11
2.1.6.3	Indagini video in prossimità della piattaforma.....	13
2.1.7.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI.....	13
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI.....	14
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	14
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	21
2.2.3.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	24
2.2.3.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	24
2.2.3.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	25
2.2.3.3	<i>Corophium orientale</i>	27
2.2.3.4	<i>Crassostrea gigas</i>	28
2.2.6.5	Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i>	29
2.2.4.	ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA	31
2.2.4.1	Inquinanti organici e inorganici.....	31
2.2.4.2	Biomarker	36
2.2.4.3	Indagini ultrastrutturali	41
2.2.5.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA	45
2.2.6.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	49
2.2.6.1	Campionamenti di pesca.....	49
2.2.6.2	Investigazioni acustiche.....	50
2.2.6.3	Indagini video in prossimità della piattaforma.....	52
3.	RISULTATI.....	53
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	53
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA.....	53
3.1.2.	NUTRIENTI	56
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO.....	57
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX.....	65

3.1.5.	GLICOLE ETILENICO.....	68
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	68
3.1.7.	CONSIDERAZIONI E ANALISI DEI DATI SUL CICLO ANNUALE	72
	3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche.....	72
	3.1.7.2 Inquinanti organici e inorganici.....	72
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	74
3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	79
	3.3.1. GRANULOMETRIA	79
	3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	81
	3.3.3. IDROCARBURI TOTALI	83
	3.3.4. METALLI PESANTI.....	83
	3.3.5. SOSTANZA ORGANICA.....	87
	3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC).....	88
3.4.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI.....	89
	3.4.1. <i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	89
	3.4.2. <i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	89
	3.4.3. <i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	89
	3.4.4. <i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	91
	3.4.5. RICERCA DI METALLI PESANTI IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	91
3.5.	ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER E INDAGINI ULTRAISTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	94
	3.5.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI	94
	3.5.1.1 Materia organica estratta (MOE).....	94
	3.5.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA).....	94
	3.5.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	96
	3.5.1.4 Alchilfenoli polietossilati	97
	3.5.1.5 Metalli pesanti	97
	3.5.2. BIOMARKER.....	99
	3.5.2.1 Stress on stress.....	99
	3.5.2.2 Micronuclei.....	100
	3.5.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscine	101
	3.5.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri	101
	3.5.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali.....	102
	3.5.2.6 Catalasi	102
	3.5.2.7 Malondialdeide	103
	3.5.2.8 Metallotioneine.....	104
	3.5.2.9 Polymerase Chain Reaction (qPCR)	104
3.5.3.	INDAGINI ULTRAISTRUTTURALI	105
	3.5.3.1 Valutazione dei tessuti mediante indagini con microscopie a bassa risoluzione	105
	3.5.3.2 Rilevazione diretta di inquinanti nanodimensionati nei tessuti	106
3.6.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA	111
	3.6.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)	111
	3.6.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE.....	120
	3.6.3. DOMINANZA	121
	3.6.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)	123
	3.6.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA(S _M)	123

3.6.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H')	124
3.6.7.	MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)	125
3.6.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE	126
3.6.8.1	Indice W di Clarke	126
3.6.8.2	Indice AMBI	127
3.6.8.3	Indice Bentix	127
3.6.8.4	Stato ecologico	128
3.6.9.	<i>MYTILUS GALLOPROVINCIALIS</i>	129
3.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO	130
3.7.1.	CAMPIONAMENTI DI PESCA	130
3.7.1.1	Ricchezza specifica e Diversità specifica	130
3.7.1.2	Rendimenti di pesca e composizione delle catture	133
3.7.1.3	Affinità delle specie catturate con i substrati duri	136
3.7.2.	INVESTIGAZIONI ACUSTICHE	137
3.7.3.	IMMAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA	161
3.8.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI	163
4.	CONCLUSIONI	164
5.	BIBLIOGRAFIA	172
ALLEGATO A	Schede tecniche della strumentazione utilizzata nelle indagini	I
- ALL. A1	Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua	II
- ALL. A2	Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	VIII
- ALL. A3	Indagini sulla comunità bentonica	XIII
- ALL. A4	Indagini sul popolamento ittico	XVI
- ALL. A5	Analisi in <i>Mytilus galloprovincialis</i>	XX
ALLEGATO B	Schede granulometriche 9° survey post lavori (estate 2018)	XXXII

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM Ancona
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM Ancona
Analisi chimiche e fisiche colonna d'acqua	F. Acri	CNR - ISMAR Venezia
	A. Boldrin	CNR - ISMAR Venezia
	D. Cassin	CNR - ISMAR Venezia
	M. Casula	CNR - ISMAR Venezia
	L. Dametto	CNR - ISMAR Venezia
	A. De Lazzari	CNR - ISMAR Venezia
	S. Pasqual	CNR - ISMAR Venezia
	A. Pesce	CNR - ISMAR Venezia
	S. Leoni	CNR - ISMAR Ancona
	M. Borghini	CNR - ISMAR La Spezia
	P. Celentano	CNR - ISMAR La Spezia
Misure correntometriche	M. Borghini	CNR - ISMAR La Spezia
	P. Celentano	CNR - ISMAR La Spezia
Analisi sedimenti ed Ecotossicologia	G. Bontà Pittaluga	CIBM Livorno
	A.M. De Biasi	CIBM Livorno
	S. Dell'Ira	CIBM Livorno
	L. Kozinkova	CIBM Livorno
	M. Pertusati	CIBM Livorno
	S. Polese	CIBM Livorno
	O. Spinelli	CIBM Livorno
Inquinanti e Biomarker in <i>Mytilus galloprovincialis</i>	A. Gomiero	Norce Norwegian Research Centre
Indagini ultrastrutturali in <i>Mytilus galloprovincialis</i>	M. Girasole	CNR - ISM Roma
	S. Dinarelli	CNR - ISM Roma
	G. Longo	CNR - ISM Roma
Comunità bentonica	C. Cuicchi	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	T. Manarini	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	L. Montagnini	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	P. Polidori	CNR - IRBIM Ancona
	E. Punzo	CNR - IRBIM Ancona
	V. Salvalaggio	CNR - IRBIM Ancona
	A. Santelli	CNR - IRBIM Ancona
	P. Strafella	CNR - IRBIM Ancona
Comunità ittica	P. Polidori	CNR - IRBIM Ancona
	E.N. Armelloni	CNR - IRBIM Ancona
	C. Ferrà Vega	CNR - IRBIM Ancona
	F. Masnadi	CNR - IRBIM Ancona
	A. Minelli	CNR - IRBIM Ancona
	M. Scanu	CNR - IRBIM Ancona
Censimento mammiferi e rettili marini	V. Salvalaggio	CNR - IRBIM Ancona
	P. Strafella	CNR - IRBIM Ancona
	C. Ferrà Vega	CNR - IRBIM Ancona

1. INTRODUZIONE

In riferimento al DVADEC-2013-0000104 del 15/04/2013 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM 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 Elettra e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma al sea-line Bonaccia - Barbara C.

La piattaforma Elettra è installata in Adriatico centrale, a circa 50 km dalla costa marchigiana al largo di Ancona nella zona delle sabbie siltose, su un fondale di circa 78 m. Le operazioni di posa della piattaforma sono iniziate a gennaio 2014 e sono ufficialmente terminate il 04/08/2014.

Il sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C si estende per circa 2,4 km in direzione NE-SW e ricade nella stessa fascia sedimentologica della piattaforma Elettra.

L'area in cui sono poste le strutture è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla mid-line, non è influenzata in modo 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, dell'esperienza pluriennale del CNR-IRBIM nel monitoraggio di strutture estrattive offshore poste in Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016; 2017; 2019a; 2019b; 2019c) e delle indicazioni riportate nel DVADEC-2013-0000104 si è ritenuto opportuno proporre, per quanto concerne la piattaforma, un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua (correnti, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, contaminanti, ecc.);

2. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti circostanti;
3. ecotossicologia e inquinanti in organismi marini nei sedimenti circostanti;
4. analisi di inquinanti, di biomarkers e indagini ultrastrutturali nei mitili insediati sulle parti immerse della piattaforma;
5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti;
6. evoluzione del popolamento ittico;
7. rilevamento del passaggio di cetacei.

Al fine di ottenere un quadro esaustivo degli effetti indotti dall'installazione Elettra, sulla base delle indicazioni riportate nel DVADEC-2013-0000104 e della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI S.P.A. UPSTREAM DICS, nel programma di monitoraggio sono stati previsti i seguenti survey (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: n. 1 survey;
- c. Fase di produzione: le indagini previste ai punti 2-7 verranno condotte per 5 anni dopo la fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Le indagini previste al punto 1 verranno effettuate per tutta la durata dell'esercizio dell'impianto.
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento: in questa fase verranno condotte le indagini di cui ai punti 2-4 e 6-7; si prevede uno o più survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell'inizio dei lavori di smantellamento;
 2. smantellamento: in questa fase verranno condotte le indagini di cui ai punti 1-4 e 7; 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 2-4 e 6-7 verranno condotte per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Le indagini riguardanti la colonna d'acqua avranno la durata di 1 anno.

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 nel periodo 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 nel 1° semestre del 5° anno successivo all'entrata in produzione di Elettra (luglio – dicembre 2018).

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

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Elettra
Ante operam	Colonna acqua	2 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey
Cantiere	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*	Per tutta la durata della fase
Esercizio	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	
Pre smantellamento	Colonna d'acqua	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Comunità ittica	3 survey
Smantellamento	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei	Per tutta la durata della fase
Post smantellamento	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

* Previsti survey mediante operatori MMO; ** Incluso nella fase di Esercizio

2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Elettra è ubicata a circa 50 km al largo di Ancona a una profondità di circa 78 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.

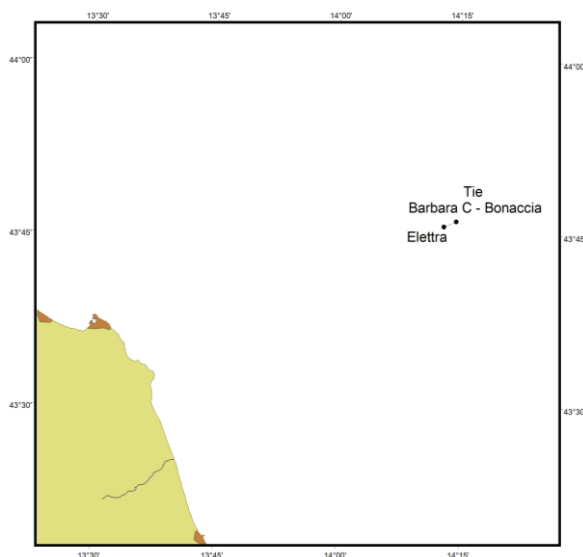


Fig. 2.1 - Posizione della piattaforma Elettra e della condotta di collegamento tra Elettra e il sea-line Bonaccia - Barbara C al largo della costa marchigiana.

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

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Elettra	43°45'49'',62N 14°12'54'',96E

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 nel periodo luglio - dicembre 2018 sono state condotte solo due campagne di misura nei mesi di ottobre e novembre poiché, a causa delle prolungate condizione meteo avverse, non è stato possibile effettuare il campionamento di dicembre.

Il monitoraggio, come da disciplinare tecnico, ha interessato 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 ubicazione della struttura e 4 a una distanza di circa 2000 m da esso (fig. 2.2; Tab. 2-II).

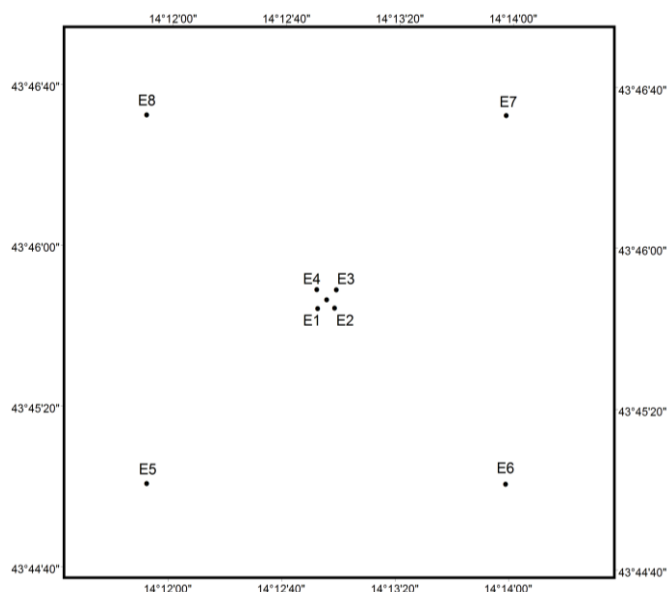


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma Elettra per le indagini idrologiche.

Tab. 2-II - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate per le indagini idrologiche condotte presso la piattaforma Elettra.

STAZIONI DI CAMPIONAMENTO	LAT.	LONG.	DISTANZA DALLA STRUTTURA (m)	POSIZIONE RISPETTO ALLA STRUTTURA
E1	43°45'47'',28N	14°12'51'',90E	100	SW
E2	43°45'47'',46N	14°12'57'',72E	100	SE
E3	43°45'51'',84N	14°12'58'',26E	100	NE
E4	43°45'51'',96N	14°12'51'',48E	100	NW
E5	43°45'03'',42N	14°11'52'',02E	2000	SW
E6	43°45'04'',08N	14°13'58'',74E	2000	SE
E7	43°46'35'',82N	14°13'57'',72E	2000	NE
E8	43°46'35'',16N	14°11'50'',64E	2000	NW

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

di 4 serie di dati al secondo (4 Hz).

Lungo la colonna d'acqua sono stati misurati in continuo i seguenti parametri:

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

Presso ogni stazione sono stati anche prelevati campioni di acqua a 4 quote (superficie, -20 m, -40 m e fondo) mediante "rosette" SBE 32C Carousel Water Sampler con bottiglie GO da 1,7 e 5 L, accoppiata alla sonda CTD SBE19plusV2. 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.

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

2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Nel periodo 01/07 - 31/12/2018 è stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di Elettra (Latitudine: 43°45,86' N, Longitudine 14°12,91') a circa 78 m di profondità. Tale ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI

modello WH 600 kHz del peso in acqua di circa 13 kg (All. A1-II), da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 95 kg. Il correntometro è stato visionato periodicamente per verificarne il corretto funzionamento.

Il correntometro acustico (ADCP), oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s. Lo strumento è stato settato per misurare 21 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. Il tempo di campionamento è stato impostato ogni 30' e i dati sono stati mediati a ogni ora.

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

Il campionamento condotto nell'estate 2018 corrisponde al 9° survey post lavori di installazione di Elettra. I prelievi hanno interessato un'area di circa 2000x2000 m all'interno della quale sono state posizionate 24 stazioni di campionamento (fig. 2.3). Venti siti sono stati posti lungo due transetti ortogonali tra di loro e aventi come punto di intersezione la piattaforma stessa. Il primo transetto (transetto A) è stato orientato da NW verso SE e il secondo (transetto B) da NE verso SW, ortogonalmente alla linea di costa. Le stazioni sono state poste a distanze crescenti dalla struttura (<5 m, 30 m, 60 m, 120 m, 250 m). Sono stati campionati anche 4 siti di controllo posizionati in modo random all'interno di aree (500x500 m) distanti circa 2000 m dalla piattaforma. La distanza e la posizione delle singole stazioni dal punto "Elettra" campionate nell'estate 2018 e le profondità relative sono riportate in Tab. 2-III.

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

In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

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

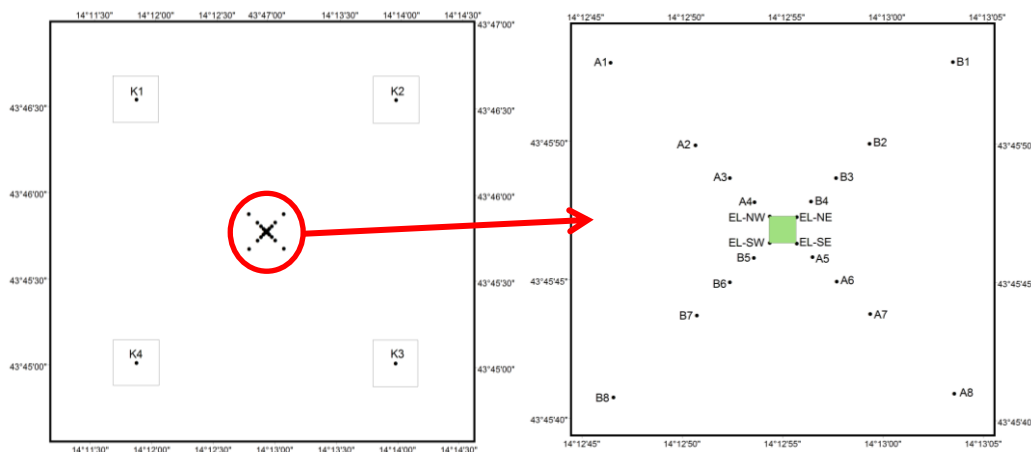


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica nella fase di produzione di Elettra con particolare dei 20 siti di prelievo posti a distanze crescenti dalla piattaforma (a destra). In verde l'area occupata dalla struttura.

Tab. 2-III - Dati identificativi dei siti campionati nel 9° survey condotto nella fase di produzione della piattaforma per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Elettra.

	Distanza da Elettra (m)	Posizione rispetto a Elettra	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A1	250	NW	43°46'033N 14°12'846E	77,7
A2	120	NW	43°45'869N 14°12'888E	77,7
A3	60	NW	43°45'944N 14°12'922E	77,7
A4	30	NW	43°45'939N 14°12'938E	77,7
EL NW	0	NW	43°45'927N 14°12'948E	77,9
EL SE	0	SE	43°45'909N 14°12'979E	78,0
A5	30	SE	43°45'891N 14°12'987E	78,5
A6	60	SE	43°45'884N 14°12'984E	78,5
A7	120	SE	43°45'862N 14°13'027E	78,7
A8	250	SE	43°45'812N 14°13'084E	77,8
B1	250	NE	43°46'028N 14°13'097E	77,6
B2	120	NE	43°45'980N 14°13'023E	77,3
B3	60	NE	43°45'948N 14°13'011E	77,8
B4	30	NE	43°45'938N 14°12'978E	78,0
EL NE	0	NE	43°45'928N 14°12'974E	78,3
EL SW	0	SW	43°45'904N 14°12'942E	77,9
B5	30	SW	43°45'897N 14°12'931E	77,7
B6	60	SW	43°45'895N 14°12'919E	77,7
B7	120	SW	43°45'875N 14°12'867E	77,7
B8	250	SW	43°45'833N 14°12'825E	78,3
K1	2000	NW	43°46'818N 14°11'798E	78,1
K2	2000	NE	43°47'152N 14°14'663E	78,8
K3	2000	SE	43°44'893N 14°14'261E	76,6
K4	2000	SW	43°45'060N 14°11'842E	75,8

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°C eccetto quelli utilizzati per la granulometria che sono stati mantenuti a $+4^{\circ}\text{C}$.

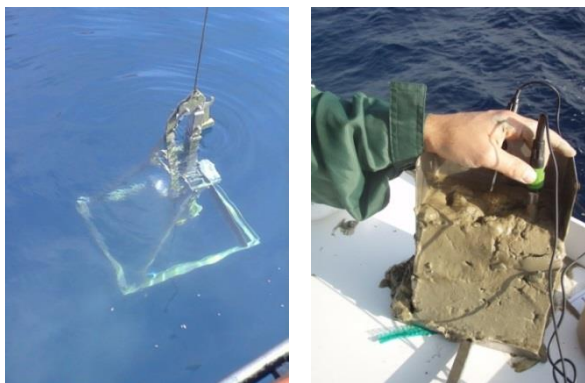


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti (a sinistra) e misurazioni di pH ed Eh in un campione di sedimento.

Indagini sulla comunità bentonica - Tutte le stazioni sono state campionate mediante una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 12 L e un'apertura di $0,095\text{ m}^2$ (fig. 2.5; All. A3-I). Presso ogni stazione sono state prelevate 6 repliche. I campioni sono stati lavati, setacciati con maglia da 0,5 mm (All. A3-II) e fissati in formaldeide diluita in acqua di mare al 5%.

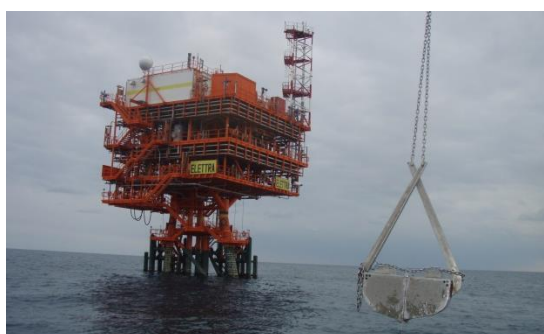


Fig. 2.5 – Benna Van Veen utilizzata per le indagini sulla comunità bentonica.

2.1.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

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

- *Dunaliella tertiolecta* (accrescimento);

- *Vibrio fischeri* (variazione della bioluminescenza);
- *Corophium orientale* (mortalità dopo 10 giorni);
- *Crassostrea gigas* (embriotossicità).

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

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

2.1.5. ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

Nell'estate 2018 sono stati prelevati due campioni dalle parti sommerse della piattaforma (vicino gli anodi sacrificali: VA; lontano dagli anodi: LA) e uno in un sito di controllo rappresentato da un impianto di mitilicoltura al largo di Senigallia (AN). Le taglie medie (lunghezza della conchiglia \pm dev.st) degli esemplari prelevati dalle parti sommerse di Elettra e al controllo nell'inverno 2018 sono state le seguenti:

- Controllo: 49,9 \pm 7,3 mm;
- Vicino anodo: 57,9 \pm 6,6 mm;
- Lontano anodo: 58,0 \pm 9,4 mm.

2.1.6. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.1.6.1 Campionamenti di pesca

I campionamenti di pesca sono stati condotti sia nei pressi della piattaforma Elettra (entro un raggio di 50 m dalla struttura), sia in due aree di controllo prive di substrati duri naturali o artificiali, situate sulla stessa batimetria della struttura (circa 80 m) e a una distanza di circa 1800 m, in modo da non essere influenzate dalla sua presenza. I campionamenti presso le due aree di controllo sono stati effettuati in due dei quattro quadranti (NW, NE, SW e SE) intorno alla piattaforma, scelti in maniera casuale ad ogni campionamento (fig. 2.6).

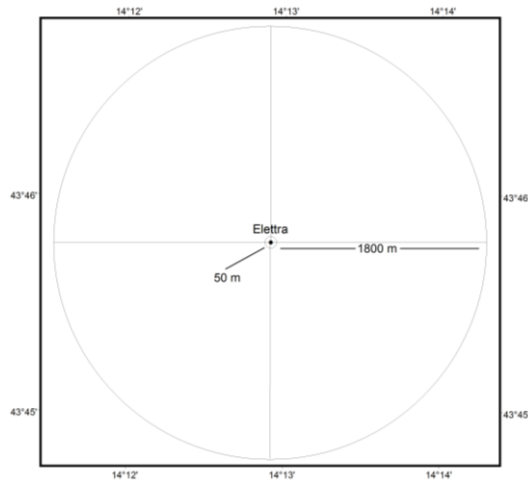


Fig. 2.6 - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica mediante campionamenti di pesca.

La scelta casuale dei due quadranti entro cui posizionare i controlli durante ogni survey di pesca si è resa necessaria al fine di evitare un errore sistematico nel posizionamento delle aree di riferimento in due punti fissi.

Per i campionamenti è stata utilizzata una rete da posta tipo “tremaglio” le cui caratteristiche sono riportate in All. 4-I.

La rete veniva calata al tramonto e salpata all’alba del giorno seguente, per una permanenza in mare di circa 12 h. I campionamenti sono stati effettuati con frequenza mensile e contemporaneamente nei tre siti, al fine di operare nelle medesime condizioni meteo-marine. Nel 2° semestre 2018 sono stati condotti 6 campionamenti mensili di pesca.

2.1.6.2 Investigazioni acustiche

Le investigazioni acustiche, condotte contemporaneamente ai campionamenti di pesca, sono state eseguite con sistema multibeam echosounder (MBES; Kongsberg Simrad EM2040CD; All. 4-II). Questo strumento lavora a frequenze variabili che possono essere scelte dall’utente in un range che va da 200 a 400 kHz modulabili di 10 in 10. E’ un sistema ad alta risoluzione (1 cm) che oltre alla completa mappatura del fondale marino è in grado di acquisire dati acustici riguardanti la colonna d’acqua (fig. 2.7) restituendo dati geometrici e morfologici di eventuali aggregazioni di pesce e/o altri riflettori presenti lungo la colonna stessa e relative immagini tridimensionali.

La fig. 2.8 illustra lo schema di campionamento adottato durante i rilievi MBES e costituito da 10 transetti paralleli, di interasse pari a 150 m circa. L’area investigata è centrata sulla piattaforma e ha dimensioni 1500x1500 m. Negli schemi planari di

campionamento dei vari mesi si evidenzia un'area circolare di raggio 300 m dalla piattaforma in quanto, da studi effettuati (Scarcella *et al.*, 2011), si è potuto determinare che tale è l'area di influenza della struttura in ambiente naturale: la circonferenza in planimetria definisce una colonna d'acqua cilindrica entro la quale si può apprezzare la variazione di popolazione ittica nel tempo e relazionarla all'esistenza della struttura.

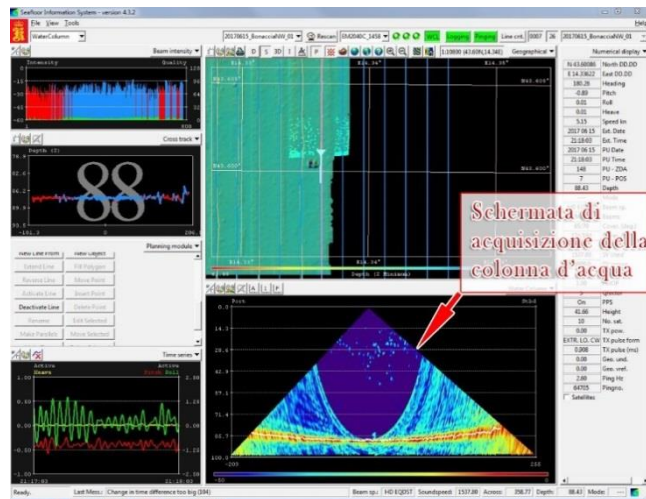


Fig. 2.7 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM2040CD. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua.

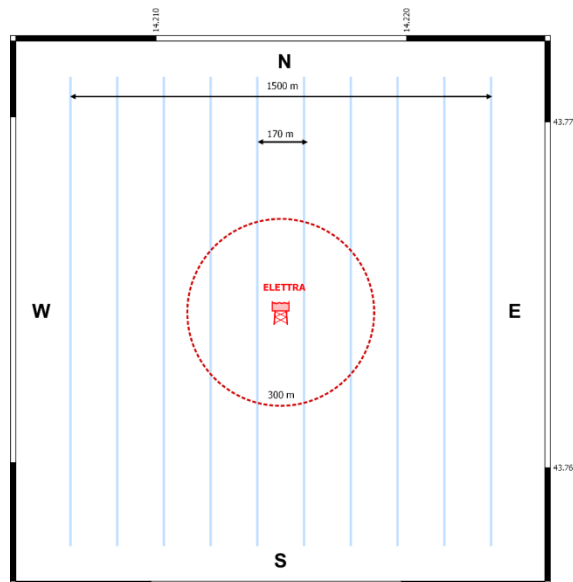


Fig. 2.8 - Schema di campionamento adottato durante i survey effettuati mediante MBES. Al centro la piattaforma Elettra e il limite dei 300 m (in rosso).

Un totale di 800 beam acustici è stato campionato digitalmente, creando un'immagine della porzione di massa d'acqua insonificata dal trasduttore. Considerando una profondità media di circa 78 m e un angolo di apertura del cono acustico di 160° in totale, è stato possibile

investigare circa 360 m di areale per ogni transetto effettuato e coprire l'intera area. Mediante la sonda SV&P e il software SeaCast sono stati acquisiti profili di velocità del suono in acqua ed inseriti nel sistema MBES per correggere il raggio di curvatura. Quando necessario, i profili sono stati acquisiti più volte nel corso del rilievo per tenere in considerazione la variazione della propagazione del suono in base ai mutamenti di densità e di temperatura dell'acqua.

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

2.1.6.3 Indagini video in prossimità della piattaforma

Durante i rilievi con MBES, ogni qualvolta lo hanno consentito le condizioni di visibilità, sono state realizzate riprese con telecamera subacquea Quasi Stellar Color (All. 4-IV) che consente la visione diurna a colori del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità (≥ 200 m), con intensità di appena 2 millesimi di lux. Le registrazioni sono state effettuate immergendo la telecamera in prossimità della piattaforma a vari step di profondità, controllando contemporaneamente le registrazioni dal monitor del notebook ad essa collegato: in tal modo si sono acquisiti filmati sulle aggregazioni rilevate ed è stata individuata la quota a cui sono state riscontrate nella colonna d'acqua.

2.1.7. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Gli avvistamenti di cetacei e rettili marini attorno alla piattaforma Elettra sono stati effettuati all'interno di un'area di circa 1 mn² avente al centro il punto Elettra. All'interno di tale area sono stati tracciati dei transetti distanti circa 500 m l'uno dall'altro e percorsi a una velocità media di 5 nodi (fig. 2.9).

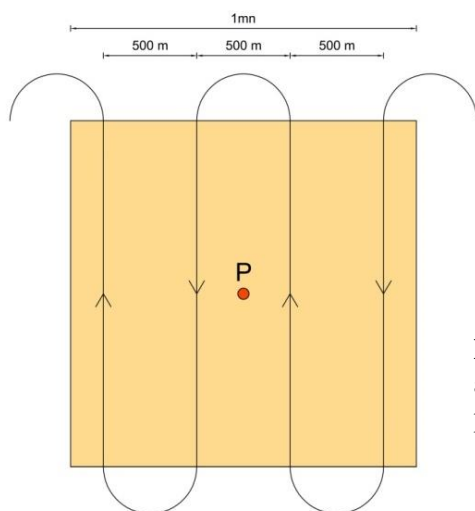


Fig. 2.9 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei nell'area interessata dalla presenza della piattaforma Elettra. P = piattaforma.

Durante il survey due operatori osservavano simultaneamente l'eventuale presenza di cetacei registrandola sul quaderno di campo annotando l'ora, il numero degli esemplari, la loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie. Nel periodo luglio - dicembre 2018 sono stati effettuati 3 avvistamenti/mese.

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.

Ossigeno disciolto - E' stato quantificato direttamente a bordo con metodo Winkler (1888): i campioni di acqua appena raccolti sono stati fissati con una soluzione di cloruro di manganese e una soluzione alcalina di ioduro di sodio, e conservati al buio fino alla determinazione. La titolazione è stata effettuata con tiosolfato di sodio con metodo potenziometrico ed elettrodo di platino entro le 4 h successive, utilizzando la buretta automatica Metrohm Basic Titrino 794 (All. A1-III) e un 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 stato prelevato dalla bottiglia di campionamento dopo filtrazione con filtro in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 μm ; \O 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 Systea s.r.l. (All. A1-IV), seguendo le metodiche espone in Grasshoff *et al.* (1999):

- azoto da ammoniaca N-NH₃: il metodo prevede che l'ammoniaca reagisca in ambiente alcalino con fenolo e ipoclorito per formare blu di indofenolo letto a 660 nm;
- azoto da nitriti N-NO₂: lo ione nitrito è fatto reagire in ambiente acido con sulfanilamide e naftiletildiamina per formare un composto diazoico di colore rosso. L'assorbanza del prodotto di reazione è misurata a 540 nm;
- azoto da nitrati N-NO₃: il metodo si basa sulla loro riduzione a nitriti e sul successivo

dosaggio dei nitriti totali utilizzando la metodica sopra esposta. La riduzione viene effettuata facendo passare il campione attraverso una colonna di cadmio fornita dalla ditta Systea s.r.l.;

- ortofosfati P-PO₄: il campione viene trattato con ammonio molibdato in ambiente acido; il complesso che ne risulta viene ridotto con acido ascorbico a blu di molibdeno. Si misura l'intensità della colorazione così prodotta a 880 nm;
- ortosilicati Si-SiO₄: il metodo automatico prevede la misurazione fotometrica del prodotto di riduzione (blu di molibdeno) che si forma in presenza di acido ascorbico, quando lo ione silicio reagisce con ammonio molibdato in ambiente acido. Il complesso è letto a 880 nm; l'acido ossalico viene addizionato allo scopo di eliminare le interferenze dei fosfati.

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

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

Pigmenti clorofilliani - I campioni per la determinazione delle diverse clorofille sono stati prelevati mediante bottiglie idrologiche e filtrati a bordo, immediatamente dopo il prelievo, su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 µm; Ø 47 mm), 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 ≤200 mm Hg⁻¹.

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

I valori di clorofilla sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di fluorimetria

Turner Cyclops-7 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

Solidi sospesi totali (TSM) - Il carico solido totale è stato determinato con la seguente procedura: i campioni prelevati mediante bottiglie idrologiche sono stati filtrati *in situ* su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 μm ; \varnothing 47 mm), pesati a freddo con bilancia analitica Mettler 0,01 mg 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 ≤ 200 mm Hg⁻¹. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione per 3 volte con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a -20°C in essiccatore fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica dopo essiccazione a 50-60°C per 4 h, 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 era stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM 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 l'acquisizione e l'elaborazione dei dati registrati e raccolti tramite la sonda CTD è stato utilizzato il 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 GrapherTM Vers. 11.3. della Golden Software, Inc., e il software Ocean Data View © Vers: 4.6.3 (Schlitzer, 2014, <http://odv.awi.de>).

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

Metalli pesanti - Eccetto il silicio, per gli altri metalli è stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con ICP-MS. Essa 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.

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). 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.

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

	<i>Unità di misura</i>	<i>Limite rilevabilità</i>	<i>Metodo</i>
<i>METALLI</i>			
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	0.05	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
Silicio	mg/L	0.01	EPA 200.7
<i>SOLVENTI ORGANICI AROMATICI (BTEX)</i>			
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
<i>ALTRE SOSTANZE</i>			
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	30	EPA 5021A + EPA 3510C + 8015D
Etilenglicole	mg/L	10	M.U. 1367:99
Idrocarburi policiclici aromatici	µg/L	0,01-0,1	EPA 3510C + EPA 8310
Idrocarburi alifatici	µg/L	1	EPA 3510C + EPA 8270D

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

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

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

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

EPA METHOD 5021A, 2003 - Equilibrium headspace.

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

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

EPA METHOD 8310, 1986 - Polynuclear aromatic hydrocarbons.

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

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

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

Per la 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.

E' stata effettuata 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 sono stati intrappolati in apposito materiale adsorbente. Terminata l'estrazione, la trappola è stata riscaldata e gli analiti sono stati trascinati dal flusso del gas all'interno del gascromatografo 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 un autocampionatore a 51 posizioni per spazio di testa 4552 Purge & Trap e sistema di Purge & Trap Eclipse 4660 O.I. Analytical (All. A1-VIII).

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

- a) i composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C10 H22) e del n-tetracontano (C40 H82) (frazione estraibile).

- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra il n-pentano (C₅ H₁₂) e in n-decano (C₁₀ H₁₂) inclusi (frazione volatile).

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

In laboratorio, parte del campione d'acqua è stato trasferito in una vial per spazio di testa. All'interno della vial è stato inoltre aggiunto un modificatore di matrice e il relativo standard interno; successivamente, la vial chiusa e ben mescolata è stata posizionata nell'autocampionatore e mantenuta a temperatura ambiente. Il modificatore di matrice ha lo scopo di ben separare i composti volatili all'interno dello spazio di testa. Circa 1 h 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: Utilizzando 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 autocampione per spazio di testa statico a 50 posizioni (All. A1-IX).

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e Idrocarburi Alifatici (IA) - I campioni di acqua sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli Idrocarburi totali sino all'essiccazione del campione dell'estratto tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio

solfato anidro. Successivamente, per IPA e IA è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (acetonitrile e isoottano rispettivamente per analisi di IPA e IA) per la successiva analisi cromatografica.

Nel caso degli **IPA**, la concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene) è stata determinata con cromatografo liquido ad alte prestazioni HPLC PE 200, accoppiato a un rivelatore a fluorescenza programmabile serie 200A. La colonna utilizzata è una Supelcosil LC-PAH (L = 150 mm ϕ = 3 cm, 5 μ m) a fase inversa (All. A1-X). L'eluizione è avvenuta in gradiente ed è stata eseguita con acetonitrile-acqua come fase mobile ad un flusso di 0,8 ml/min. La colonna è stata termostata a 40° C. Un programma di lunghezza d'onda variabile è stato sviluppato per consentire il rilevamento ottimale di tutti i composti. L'identificazione e la quantificazione dei composti si basa sul confronto con i tempi di ritenzione e sulla misurazione dell'area dei picchi di standard di riferimento esterni. Il limite di rilevabilità è compreso tra 0,01 e 0,1 μ 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 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 5 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 di campioni d'acqua di mare non prevede la preparazione del campione, che è stato pertanto iniettato direttamente nello strumento previo prelievo di aliquota tarata.

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

2.2.2. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Granulometria - In laboratorio i campioni di sedimento sono stati pesati tal quali per la determinazione del peso umido utilizzando una bilancia elettronica tipo "Europe" (All. A2-II). Successivamente sono stati posti in contenitori di alluminio e introdotti in stufa (All. A2-III) a 110°C per almeno 24 h. Una volta raggiunta la completa essiccazione si è proceduto alla misurazione del peso secco. Per la separazione in sabbie e peliti ogni campione è stato immerso in acqua tiepida sino alla sua completa disgregazione; si è quindi proceduto alla setacciatura con maglie da 63 µ. Il materiale trattenuto dal setaccio, definito come sabbie, è stato fatto essiccare in stufa a 130°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto a indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci (All. A2-IV) aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000 µ, 2000 µ, 1000 µ, 500 µ, 250 µ, 125 µ, 63 µ). Una volta terminata la setacciatura sono stati pesati i residui di ogni setaccio ed è stata determinata la percentuale conchigliare presente. I dati così ottenuti sono stati riportati su un diagramma semilogaritmico e uniti mediante la cosiddetta "curva granulometrica". Le peliti (materiale inferiore a 63 µ) sono state fatte decantare ed essiccare in stufa a 130°C sino a completa evaporazione. E' stata quindi eseguita l'aerometria mediante l'utilizzo di un densimetro (All. A2-V) per terreni secondo il metodo di Casagrande basato su due proprietà: a) la 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 a un dato istante è funzione della qualità del prodotto solido non ancora depositato.

IPA - Per la determinazione degli IPA ogni campione è stato scongelato e privato dell'eventuale frazione più grossolana (> 2 mm); in seguito, l'estrazione e l'analisi sono state compiute su un'aliquota di circa 5 g.

I componenti della miscela di estrazione (IPA), sono stati separati tra loro e rilevati tramite tecnica GC-MS-MS (Gascromatografo associato ad uno spettrometri di massa a triplo quadrupolo; All. A2-VI), per la quantificazione degli IPA presenti nei sedimenti.

Il limite di rilevabilità corrisponde a 0,2 µg/kg di campione s.s.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come con-

taminanti di interesse prioritario, espressi in $\mu\text{g}/\text{kg}$ di sostanza secca: Naftene, Acenaftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(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 elaborate con la tecnica dello standard interno.

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-VII).

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

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

La mineralizzazione dei campioni è stata effettuata su circa 0,3 g di sostanza secca, mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, aggiungendo a 3 ml di HNO_3 , 1 ml di HCl e 4 ml di H_2O .

Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua ultrapura. Gli acidi impiegati sono tutti rigorosamente ultrapuri. L'analisi per la determinazione del **mercurio** è stata condotta mediante tecnica AAS previa decomposizione termica ed amalgamazione (DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio FKV; All. A2-VIII) 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-IX), 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-X) seguendo la metodica EPA 6010C (2007c).

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

L'analisi per la determinazione dell'**indio** è stata effettuata tecnica ICP-MS (Agilent Mod. 7700; All. A2-XI) 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).

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

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

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

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

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

solforico. La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione è stata interrotta per aggiunta di opportuna quantità di H₂O e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito è stata determinata per titolazione con una soluzione di ferro (II) solfato eptaidrato. Il punto finale della titolazione è stato accertato con l'aggiunta di un opportuno indicatore di ossidoriduzione.

2.2.3. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

2.2.3.1 *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). Esso consiste nell'esposizione di una quantità definita di clone algale in condizioni di crescita esponenziale a diverse diluizioni di campione (nella fattispecie elutriato) e al controllo negativo costituito da sola acqua marina artificiale. Prima dell'inoculo del clone algale, tutti i trattamenti, compreso il controllo, sono stati arricchiti con macro- e micronutrienti secondo le specifiche riportate in USEPA (1995).

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

Esecuzione del saggio – Il saggio con *D. tertiolecta* è stato condotto in triplicato, effettuando 5 diluizioni a partire dal campione tal quale; come supporto sono state utilizzate piastre sterili di polistirene da 24 pozzetti della capacità di 3 ml ciascuno. Parallelamente, per ogni piastra è stato eseguito anche un test con un controllo negativo costituito da acqua di diluizione (acqua di mare ISO a cui sono state aggiunte concentrazioni note di nutrienti). A ciascuna diluizione e al controllo è stata aggiunta una concentrazione nota di clone algale in rapporto di 1:1000. Una volta inoculato il clone algale (concentrazione iniziale 2×10^3 cellule/ml), 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 EC₅₀ o EC₂₀. L'EC₅₀ e l'EC₂₀ si calcolano utilizzando il foglio Excel sviluppato dalla DTU (Danmarks Tekniske Universitet) denominato "KOK457T3" mediante i programmi statistici LOG457.EXE e LOG457W.EXE elaborati per la determinazione della relazione concentrazione-effetto in endpoint continui (Christensen *et al.*, 2009).

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

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

QA/QC - La sensibilità di ogni clone algale impiegato per i test con i campioni di elutriato è stata verificata mediante il test di controllo positivo eseguito con bicromato di potassio il cui risultato, espresso come EC₅₀, è stato confrontato con i dati della carta di controllo del laboratorio il cui intervallo è compreso tra 6,2 e 8,9 mg/l come Cr; altri parametri che devono essere rispettati affinché il test sia considerato valido sono:

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

2.2.3.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

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

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

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

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

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

L'emissione della bioluminescenza è stata misurata all'interno del luminometro M500, dotato di pozzetti termostatati a 15°C per i controlli e i campioni e a 4°C per il reagente. È stato applicato il protocollo Solid Phase Test (SPT) con la procedura Large Sample Method (Azur Environmental, 1994), organizzato con 9-12 diluizioni e 3 controlli, a seconda della granulometria del campione. Il test prevede una prima esposizione di 20' durante i quali i batteri si trovano a diretto contatto con il sedimento e una seconda fase di ulteriori 10' in cui la risospensione batterica viene incubata nel luminometro a 15°C.

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

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

La fase solida è stata giudicata tossica quando il valore di S.T.I è risultato >3. E' stata adottata la scala di tossicità (Tab. 2-VI) indicata nel Manuale ICRAM-APAT (2007).

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

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

2.2.3.3 *Corophium orientale*

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* è stato allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005(E) (2005).

Il principio del saggio biologico “a breve termine” (tossicità acuta) consiste nell’esposizione di un numero stabilito di organismi per 10 gg al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

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

- temperatura dell’acqua: 16±2°C
- salinità: 36±2‰
- illuminazione: continua
- O₂ disciolto nell’acqua sovrastante il sedimento: >60%.

Procedimento del saggio - Circa 200 cc di sedimento da testare sono stati introdotti in un barattolo di vetro da 1 l al quale sono stati aggiunti circa 750 cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche. Dopo 24 h sono stati immessi 25 individui in ciascun barattolo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. I barattoli contenenti gli organismi sono stati coperti per ridurre l’evaporazione dell’acqua, posti alla temperatura di 16±2°C e areati in continuo.

Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC₅₀) è stata determinata tramite l’esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg/l CdCl₂. All’inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell’acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto.

Elaborazione dei dati - Il saggio biologico è considerato valido quando la mortalità media all'interno del sedimento di controllo è $\leq 15\%$ 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-VII.

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

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

2.2.3.4 *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 formaldeide 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 µg/l). La percentuale di larve normalmente sviluppate nel controllo con la sola acqua di diluizione deve inoltre essere superiore al 70%.

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

Al dato di tossicità è stato associato un giudizio qualitativo (Tab. 2-VIII).

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

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

Dove:

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

TL = Toxicity limit = Controllo · 90% del controllo

2.2.3.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

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

Gli organismi non maturi di *H. diversicolor* (taglia 6-10 cm) sono stati campionati manualmente dalle porzioni di un sedimento estuario. Dopo il trasporto in laboratorio, sono stati sottoposti a spurgo per 3 gg in sabbia quarzifera sommersa in acqua proveniente dal sito di campionamento, areata continuamente. La salinità dell'acqua sovrastante la sabbia quarzifera è stata gradualmente portata al 36±2‰, ovvero a un livello corrispondente alla salinità richiesta nel test.

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti ~300 cm³ di sedimento, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata (36±2‰). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e areati in

continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH_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 reinseriti in barattoli contenenti sabbia quarzifera e acqua di mare filtrata. Dopo 3 gg i policheti spurgati sono stati recuperati e lavati in acqua distillata per 1 h per liberarli dal muco e dai residui della sabbia. Successivamente, sono stati congelati e sottoposti ad analisi chimica.

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

$$D = (C_e - C_b)$$

dove:

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

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

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

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

I limiti di quantificazione strumentale dei vari metalli sono riportati in Tab. 2-IX.

Tab. 2-IX - Limiti di rilevabilità (LoQ) per i metalli pesanti ricercati negli esemplari di *Hediste diversicolor*.

Campione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
L.o.Q.	170	0,3	1,2	0,01	1,2	1,2	170	1,2	0,2	0,3	8	1,2	1,2	0,005

2.2.4. ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

2.2.4.1 Inquinanti organici e inorganici

E' stata prevista la determinazione di:

- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Materia organica estratta (MOE);
- Idrocarburi Alifatici (IA);
- Metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- Alchilfenoli polietossilati.

IPA e MOE – Gli esemplari di mitilo sono stati scongelati e le parti molli sono state separate dalla conchiglia in maniera tale da ottenere circa 50 g di peso umido per ciascun sito. Gli organismi, così suddivisi e selezionati, sono stati pesati in un contenitore di vetro senza coperchio, previamente tarato, pulito con solventi (acetone, esano) e asciugato per evitare qualsiasi tipo di contaminazione. Successivamente, le parti molli in questi contenitori sono state liofilizzate fino a completa essiccazione (processo che avviene in circa 3-5 gg) e poi pesate.

L'intero processo analitico la determinazione degli IPA è stato diviso in tre fasi distinte: estrazione e isolamento dei contaminanti dalla matrice, purificazione dell'estratto, determinazione analitica finale del composto.

I campioni di mitili liofilizzati (3 g) sono stati sottoposti ad una tecnica basata su estrazione in apparato Soxhlet (All. A5-I) a 120°C per 8 h, evaporati a 50°C per la determinazione della Materia Organica Estratta (MOE) e successivamente ripresi e purificati su colonna allumina/gel di silice. La purificazione e la separazione degli estratti è stata effettuata su colonna di gel di silice e sodio solfato anidro (Na₂SO₄) (attivati a 130°C per 24 h). La colonna è stata eluita con 32 ml di esano, seguiti da 15 ml di una soluzione esano:diclorometano (1:1 v/v). Durante le analisi dei campioni sono state effettuate prove in bianco. La frazione contenente gli IPA è stata concentrata sotto blando flusso d'azoto per il raggiungimento di un volume finale di circa 0,5 ml, trasferita in acetonitrile e impiegata per la determinazione analitica degli IPA. La determinazione qualitativa e quantitativa degli IPA è avvenuta mediante cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC - High Performance Liquid Chromatography) con rivelatore a serie di fotodiodi (Waters® PDA 996) e con rivelatore a fluorescenza (Waters® 474 Scanning Fluorescence Detector)

in serie (All. A5-II). Per quanto riguarda le condizioni di corsa, la fase mobile iniziale è costituita da acetonitrile (40%) ed acqua (60%), fino al raggiungimento di un gradiente lineare al 100% di acetonitrile, ad una velocità di corsa di 1,5 ml/min per 50'. È stata usata una colonna cromatografica Supelcosil LC-PAH HPLC (25 cm x 4,6 mm, 5 µm) (All. A5-IIa). Dal peso dell'estratto è stato ricavato anche il valore della MOE (Materia Organica Estratta).

La formula finale per il calcolo della concentrazione degli analiti è la seguente:

$$C \text{ (ng/l)} = \frac{\text{Area picco} \times \text{Conc Std} \times \text{vol finale}}{\text{Area picco Std} \times \text{g. Peso secco}}$$

Con area si intende l'area dei picchi risultati nel cromatogramma. Il risultato finale è espresso in ng/g di tessuto liofilizzato.

Le rette di taratura sono state ottenute iniettando quattro soluzioni a concentrazione nota dello standard TLC Polynuclear Aromatic Hydrocarbon Mix (Supelco), contenente i 16 composti considerati inquinanti prioritari previsti dall'EPA: naftalene, acenaftilene, acenaftene, 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 e indeno(1,2,3-c,d)pirene.

IA - Sono stati considerati gli idrocarburi alifatici con un numero di atomi di carbonio superiore a 15, in quanto maggiormente rappresentativi di un possibile inquinamento da sostanze xenobiotiche.

Le analisi degli IA sono state condotte su 2 µl di campione precedentemente estratto e purificato su colonnina di gel di silice e allumina. Il sistema impiegato è un GC-FID della Perkin Elmer (All. A5-III); l'iniezione è avvenuta tramite autocampionatore, mentre per la quantificazione si è proceduto al confronto delle aree sottese ai picchi prodotti da un'iniezione d'idrocarburi alifatici certificati e a concentrazione nota. La programmazione del gas-cromatografo è stata la seguente: la temperatura iniziale di 45°C è stata mantenuta per 3'; successivamente, con un gradiente di 12°C min⁻¹ sono stati raggiunti 275°C e mantenuti per 12'. Il flusso del carrier (He) è regolato a 15,5 ml/min. La colonna utilizzata è una SOPB-5 Supelco 30m (All. A5-IIIa) (Ø = 0,2 mm; spessore del film interno: 0,2 mm).

Gli indici di distribuzione considerati sono:

- l'idrocarburo presente in maggiore concentrazione (major hydrocarbon, **MH**);
- il rapporto **LMW/HMW**, ovvero il rapporto tra la frazione di idrocarburi a basso peso molecolare (<n-C20) e la frazione ad alto peso molecolare (>n-C21): tale rapporto è

circa uguale a 1 nei prodotti da petrolio, nelle alghe e nel plancton, mentre si abbassa in batteri, animali marini, piante superiori e sedimenti;

- il Carbon Preference Index (**CPI**), dato dal rapporto tra le n-paraffine a numero dispari di atomi di carbonio e quelle a numero pari di atomi di carbonio. Anche tale indice in prodotti derivanti dal petrolio presenta valori prossimi all'unità, mentre aumenta se sono presenti idrocarburi d'origine biologica. Questo è dovuto al fatto che molti organismi (batteri, alghe, piante superiori, ecc.) sintetizzano preferenzialmente idrocarburi a numero dispari di atomi di carbonio.

Metalli pesanti - Due aliquote di circa 2,5 g di campione liofilizzato per ogni sito di prelievo sono state mineralizzate a riflusso con 30 ml di acido nitrico concentrato. I campioni, posti in un apposito pallone da 250 ml, sono stati sottoposti a digestione a freddo per 20-30' e portati ad ebollizione per circa 2 h in forno a microonde *ETHOS 900*[®] della *Milestone* (All. A5-IV). La mineralizzazione è stata eseguita secondo la procedura ICRAM (2001).

Le soluzioni risultanti sono state filtrate attraverso un filtro di cellulosa e portate a un volume di 100 ml con acqua MilliQ. Un simile procedimento è stato effettuato anche con un'uguale quantità di acido per ottenere il bianco da sottrarre ai valori dei campioni ottenuti per via strumentale.

La determinazione strumentale di **alluminio, bario, vanadio, cadmio, cromo, nichel, rame, piombo, indio, silicio e ferro** è stata effettuata mediante ICP-OES, una tecnica molto sensibile per la ricerca di questi elementi generalmente presenti in concentrazioni minori. Per le analisi ci si è avvalsi di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico *AAAnalyst 700*[®] della Perkin Elmer in configurazione Autosampler AS40[®] – Mercuriy/Hydride System MHS-10[®] (All. A5-V). Lo **zinco** è stato analizzato direttamente in fiamma aria-acetilene (*F-AAS*) con lo stesso strumento e quantificato da una curva di calibrazione costruita da concentrazioni note dell'elemento. La temperatura della fiamma a cui avviene l'atomizzazione è di 2300°C. Il **mercurio** è stato determinato mediante il kit supplementare "FIAS 400 Flow Injection for Atomic Spectroscopy System" per analisi dei vapori ottenuti per riduzione a freddo con NaBH₄ secondo la seguente reazione:



I campioni sono stati pre-trattati con H₂SO₄ e K₂MnO₄ in modo da ossidare la sostanza organica. La reazione con NaBH₄ riduce il mercurio presente in forma ionica a mercurio metallico il quale, assieme all'idrogeno gassoso liberato dalla reazione, viene trasportato

dal flusso di gas inerte nella cella al quarzo dove è stata misurata la sua assorbanza tramite il Flow Injection Mercury System FIMS 400® della Perkin-Elmer (All. A5-Va). Per evitare assorbimenti di tipo molecolare, nelle analisi che richiedono lunghezze d'onda nella zona dell'ultravioletto è stato impiegato il correttore di fondo al deuterio.

Il dosaggio dell'**arsenico** è stato ottenuto in HG-AAS utilizzando il *Flow Injection Analysis System FIAS 400®* di Perkin Elmer con lettura in GF-AAS e correttore di fondo Zeeman, 4100 ZL, Perkin-Elmer (All. A5-Vb).

Le lunghezze d'onda utilizzate per i singoli metalli analizzati sono riportate in Tab. 2-IX, mentre in Tab. 2-X sono indicati i limiti di rilevabilità per tutti gli inquinanti ricercati.

Tab. 2-IX - Lunghezze d'onda utilizzate per i metalli analizzati.

Metallo	Lunghezze d'onda	Metallo	Lunghezze d'onda
Al	308,215	Hg	194,227
As	193,696	Ni	231,604
Ba	445,403	V	294,402
Cd	226,502	Zn	213,856
Cr	267,716	In	203,606
Cu	324,754	Fe	239,562
Pb	220,353	Si	251,607

Alchilfenoli polietossilati - 20 gr di polpa di mitilo per ogni sito di prelievo sono stati omogeneizzati attraverso high speed blender 7011 Waring con bicchiere in acciaio 316 compatibile con analisi alimentari (All. A5-VI). Ai 20 gr di matrice sono addizionati 50 ml di ACN. Dopo agitazione magnetica, mantenuta per 20', si è proceduto alla sonicazione per 60'. Il surnatante è stato recuperato e diluito con acqua deionizzata fino al volume finale di 100 ml. I campioni acquosi sono stati concentrati con il metodo di estrazione su fase solida utilizzando colonnine LiChrolut EN (200 mg) (Merck, Darmstadt, Germany; All. A5-VII), attivate con 3 ml di metanolo e condizionate con 3 mL di acqua Milli-Q.

Il campione rappresentato da 100 ml di acqua è stato caricato su colonnina utilizzando un flusso costante di 10 ml/min. Dopo la fase di carico del campione, la colonnina è stata sottoposta a una fase di lavaggio con 10 ml di acqua deionizzata, sempre a una velocità di flusso di 10 ml/min. La colonnina è stata asciugata sottovuoto per 20' e, successivamente, gli analiti sono stati recuperati con 3 ml di una soluzione etilacetato/metanolo 50:50 (v/v). Dal campione così ottenuto il solvente è stato allontanato utilizzando un flusso di N₂ e il residuo è stato ripreso con 0,5 ml di una soluzione 90:10 (v/v) Acetonitrile/Acido acetico 0,01% (v/v). Il campione è stato successivamente sottoposto all'analisi HPLC-DAD. L'analisi cromatografica (HPLC) di 4-n-nonilfenolo, 4-n-ottilfenolo, 4-tert.ottilfenolo e 4-

n-ottilfenolo monoetossilato è stata eseguita con strumentazione Thermo Finnigan P4000, iniettore Rheodyne 7125, rivelatore a foto diodi Finnigan Spectra System UV 6000 LP (All. A5-VIII). I cromatogrammi sono stati acquisiti utilizzando il software gestionale Chromquest 4.2.34. La separazione degli analiti è stata effettuata utilizzando una colonna C18 ODS Hypersil (250 mm x 4,6 mm i.d., grandezza delle particelle 5 µm, Thermo, California).

Tab. 2-X - Limiti di rilevabilità (LOD) per tutti gli inquinanti ricercati negli esemplari di *Mytilus galloprovincialis*.

Descrizione Parametro	Unità mis.	LOD	Descrizione Parametro	Unità mis.	LOD
Arsenico	mg/kg	0,15	Indeno[1,2,3-cd]pirene	µg/kg	2
Cadmio	mg/kg	0,01	Dibenzo[a,h]antracene	µg/kg	2
Cromo	mg/kg	0,1	Benzo[ghi]perilene	µg/kg	2
Alluminio	mg/kg	0,5	C15	µg/kg	10
Mercurio	mg/kg	0,05	C16	µg/kg	10
Piombo	mg/kg	0,1	C17	µg/kg	10
Rame	mg/kg	0,1	C18	µg/kg	10
Zinco	mg/kg	0,5	C19	µg/kg	10
Nichel	mg/kg	0,1	C20	µg/kg	10
Vanadio	mg/kg	0,15	C21	µg/kg	10
Bario	mg/kg	0,1	C22	µg/kg	10
Indio	mg/kg	0,5	C23	µg/kg	10
Ferro	mg/kg	0,5	C24	µg/kg	50
Silicio	mg/kg	1	C25	µg/kg	10
Naftalene	µg/kg	2	C26	µg/kg	10
Acenaftilene	µg/kg	2	C27	µg/kg	10
Acenaftene	µg/kg	2	C28	µg/kg	10
Fluorene	µg/kg	2	C29	µg/kg	10
Fenantrene	µg/kg	2	C30	µg/kg	10
Antracene	µg/kg	2	C31	µg/kg	10
Fluorantene	µg/kg	2	Pristano	µg/kg	10
Pirene	µg/kg	2	Fitano	µg/kg	20
Benzo[a]antracene	µg/kg	2	4-n-nonilfenolo	µg/kg	50
Crisene	µg/kg	2	4-n-ottilfenolo	µg/kg	50
Benzo(b)fluorantene	µg/kg	2	4-tert ottilfenolo	µg/kg	50
Benzo(k)fluorantene	µg/kg	2	4-n-ottilfenolo monoetossilato	µg/kg	50
Benzo[a]pirene	µg/kg	2			

Per l'analisi HPLC dei quattro alchilfenoli è stata utilizzata una metodica isocratica che utilizza una miscela binaria di solventi, con velocità del flusso regolata a 1,00 ml/min. La fase mobile è stata rappresentata da una miscela acetonitrile/acido acetico 0,01% (v/v) in rapporto 90:10 (v/v). Il detector è stato settato su due lunghezze d'onda, 224 nm e 278 nm, che rappresentano i due massimi di assorbimento dei composti analizzati. Gli spettri UV sono stati registrati in un range tra 200-350 nm. La lunghezza d'onda utilizzata per l'analisi quantitativa è stata 278 nm.

Le analisi sono state condotte a temperatura ambiente (~22°C) senza l'ausilio di particolari strumenti di termostatazione. Per l'analisi quantitativa è stato utilizzato il metodo di calibrazione dello standard esterno, che ha permesso di costruire una retta di calibrazione

per ciascuno dei quattro analiti usando standard a differente concentrazione.

Gli alchilfenoli sono stati identificati nel campione per comparazione dei tempi di ritenzione e degli spettri di assorbimento UV con quelli degli standards puri eluiti nelle stesse condizioni. Dopo ogni iniezione nel sistema HPLC, la curva di calibrazione per i quattro composti è stata costruita correlando l'area del picco cromatografico con la concentrazione corrispondente iniettata.

2.2.4.2 Biomarker

In Tab. 2-XI è riportata la batteria di Biomarker prevista nella Specifica Tecnica.

Tab. 2-XI - Batteria di biomarkers eseguiti sui mitili raccolti presso la piattaforma Elettra e nel sito di controllo.

Indici di stress generale	Indici di esposizione	Danno genotossico	Espressione genomica
<i>Livello fisiologico</i>	<i>Livello biochimico</i>		
	Catalasi (attività enzimatica - presenza di contaminati organici ossigeno reattivi)	Test dei micronuclei (genotossicità complessiva)	q-PCR
Sopravvivenza in aria	Malondialdeide (stress ossidativo - presenza di contaminati organici)		
	Metallotioneine (presenza di elementi in tracce)		
<i>Livello cellulare</i>	<i>Livello cellulare</i>		
Stabilità delle membrane lisosomiali	Livelli di lipofuscine (stress ossidativo)		
	Livelli di lipidi neutri (presenza di contaminati organici)		

Sopravvivenza in aria - L'analisi è stata effettuata su un campione di 30 organismi per ciascun sito (VA, LA e controllo) i quali, subito dopo l'arrivo in laboratorio, sono stati lavati, asciugati e mantenuti a temperatura costante ($18 \pm 1^\circ\text{C}$) in un contenitore a tenuta stagna con tasso di umidità a saturazione. Quotidianamente sono stati registrati e asportati gli individui morti fino ad esaurimento degli organismi, registrando LT_{50} e LT_{90} . Sono stati considerati morti gli individui con le valve aperte che non rispondevano a nessuna sollecitazione.

Valutazione della stabilità delle membrane lisosomiali - In laboratorio le ghiandole digestive di 5 mitili provenienti da ciascun sito sono state tagliate mediante criostato (All. A5-IX) precedentemente raffreddato in ghiaccio in modo tale da ottenere delle sezioni trasversali dei tubuli disposti parallelamente all'asse longitudinale della ghiandola stessa e poste in fila su apposito supporto in alluminio (chuck). Successivamente, il supporto con i frammenti è stato posto per 15" in un piccolo recipiente contenente N-esano,

precedentemente raffreddato con azoto liquido. Il chunk è stato poi avvolto in 4-5 strati di Parafilm e posto immediatamente a -80°C . Al momento dell'analisi, per mezzo del criostato, sono state ottenute sezioni di 10-20 μm di spessore con un'angolatura di taglio di 15° . Le sezioni sono state quindi trasferite su vetrini tenuti a temperatura ambiente. La stabilità della membrana lisosmiale è stata testata attraverso l'enzima N-acetyl-hexosaminidase che ha come substrato il naphthol As-BI N-acetyl- β -D-glucosaminide.

Le sezioni preparate come descritto in precedenza sono state trattate in una vaschetta di Hellendal con un tampone destabilizzante le membrane lisosomiali a 37°C per tempi diversi (0, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 40') in modo da determinare il tempo di trattamento richiesto per labilizzare interamente le membrane lisosomiali (periodo di labilizzazione). Il set di vetrini è stato trasferito nel mezzo di incubazione del substrato contenente naphthol As-BI N-acetyl- β -D-glucosaminide precedentemente disciolto in 2,5 ml di 2-metossietanolo e portato a volume con il tampone citrato contenente Polipep, un polipeptide a bassa viscosità che agisce come stabilizzante per le sezioni. L'incubazione con il substrato è stata di 20' a 37°C nella vaschetta di Hellendal in un bagno agitante. I vetrini sono stati successivamente risciacquati in acqua di mare filtrata a temperatura ambiente o in una soluzione di NaCl al 3% a 37°C per 2' prima del loro trasferimento per 10' a temperatura ambiente in un tampone fosfato pH 7,4 contenente il colorante diazoinico fast violet B blue. I vetrini, risciacquati in acqua corrente per 5', sono stati successivamente fissati con gelatina glicerinata. Le sezioni così ottenute sono state analizzate mediante un sistema di analisi d'immagine al microscopio ottico (All. A5-X) per la determinazione del periodo di labilizzazione lisosomiale. Le analisi sono state eseguite almeno in quintuplicato.

Valutazione dell'attività dell'enzima catalasi - In laboratorio tale attività è stata determinata in aliquote di ghiandola di mitilo (3 pool di 5 individui per ogni stazione di prelievo) preventivamente lavate con una soluzione di NaCl (0,9%), omogeneizzate in 4 volumi di tampone Tris-HCl pH 7,4 contenente saccarosio e infine centrifugate (All. A5-XI), prima a $2.000 \times g$ per 10' per eliminare la frazione lipidica, e successivamente a $9.000 \times g$ per 30' per ottenere la frazione citosolica. L'attività dell'enzima di catalasi è stata determinata per via spettrofotometrica (Aebi, 1974; All. A5-XII) a 240 nm valutando la diminuzione in assorbanza dell'estratto dovuta al consumo di H_2O_2 .

Concentrazione di malondialdeide (MDA) - Il metodo applicato si basa sulla reazione cromogenica tra N-metil-2-fenilindolo (NMPI) con MDA a caldo. Una molecola di MDA reagisce con due molecole di NMPI a formare un composto colorante (carbocianina) la cui assorbanza è rilevabile allo spettrofotometro (All. A5-XII) ad una opportuna lunghezza

d'onda.

Al momento dell'analisi 3 pool provenienti da ogni sito di prelievo costituiti ciascuno da 3 ghiandole digestive sono stati lavati con una soluzione di NaCl (0,9%), omogeneizzati in 2 volumi di tampone Tris-HCl contenente β -mercaptoetanololo come antiossidante e centrifugati (All. A5-XI) a 10.000 x g per 10' a 4°C. A 100 μ l di supernatante estratto sono stati aggiunti 650 μ l di NMPI, 100 μ l di acqua distillata e 150 μ l di HCl (37%). Il campione è stato quindi incubato a caldo, raffreddato in ghiaccio, centrifugato a 10.000 x g e infine letto allo spettrofotometro. La concentrazione di MDA è stata stimata utilizzando come riferimento una curva standard a concentrazioni crescenti di tetrametossipropano (TMOP). La concentrazione totale in proteine del campione è stata determinata attraverso il metodo di Bradford (1976).

Dosaggio di metallotioneine - I tessuti provenienti da 3 pool di 5-7 individui per ogni sito di prelievo sono stati omogeneizzati in 3 volumi di Saccoroso/Tris-HCl addizionati di Leupeptina e β -mercaptoetanololo. L'omogenato è stato quindi centrifugato (All. A5-XI) per ottenere una frazione solubile contenente le metallotioneine. Il sopranatante è stato successivamente precipitato con etanolo-cloroformio con il duplice scopo di rimuovere i tioli a basso peso molecolare e concentrare le metallotioneine; 1 ml di citosol è stato quindi addizionato con 1,05 ml di etanolo freddo e cloroformio e centrifugato a 6.000 x g per 10'. Il sopranatante così ottenuto è stato addizionato di 3 volumi di etanolo freddo e mantenuto a -20°C per 1 h e quindi centrifugato a 6.000 x g per 10' in rotore oscillante. Il pellet è stato lavato una volta con etanolo e cloroformio nel buffer di omogeneizzazione, ricentrifugato, insufflato con azoto e risospeso in NaCl 0,25 M addizionato di 150 μ l di HCl e EDTA. Ai campioni così risospesi è stato aggiunto DTNB (acido ditiobisnitrobenzoico) preparato al momento dell'uso e quindi sono stati centrifugati a 3.000 x g. L'assorbanza è stata valutata per via spettrofotometrica (All. A5-XII) misurandola a 412 mn.

Accumulo di lipofuscine nei lisosomi – Le sezioni di 5 individui provenienti da ciascun sito preparate al criostato (All. A5-IX) sono state fissate in calcio-formolo a 4°C, risciacquate in acqua distillata e poste nel mezzo di reazione contenente cloruro di ferro e potassio ferrocianuro per 5'. Successivamente, sono state lavate in acido acetico, risciacquate in acqua, montate su vetrino ed analizzate mediante un sistema di analisi d'immagine al microscopio ottico (All. A5-X) per la determinazione della colorazione dei lisosomi dovuta all'accumulo di lipofuscine.

Accumulo di lipidi neutri nei lisosomi - Le sezioni, derivanti da 5 individui per ciascun sito preparate al criostato (All. A5-IX) con la stessa modalità seguita per la valutazione

della stabilità delle membrane lisosomiali, sono state fissate in calcio-formolo per 15' a 4°C, risciacquate in acqua distillata e poste in una soluzione di trietilfosfato. Successivamente sono state colorate con una soluzione di oil red in trietilfosfato a 20°C per 15', lavate in trietilfosfato per 30", risciacquate in acqua distillata e montate con gelatina.

Le sezioni così ottenute sono state analizzate al microscopio ottico (All. A5-X) mediante un sistema di analisi d'immagine che determina la percentuale di colorazione dei lisosomi dovuta all'accumulo dei lipidi neutri insaturi.

Micronuclei - L'allestimento dei preparati citologici è stato effettuato direttamente sul campione fresco lo stesso giorno di arrivo. L'emolinfia di ogni individuo (per un totale di 5 esemplari per campione) è stata prelevata dal muscolo adduttore posteriore con una siringa contenente Alsever (soluzione salina al 33‰ composta di NaCl, Na citrato x 2H₂O, acido citrico x 1H₂O e glucosio a pH fisiologico). Alcune gocce della sospensione cellulare, fissata in metanolo:acido acetico, sono state posizionate su vetrino e colorate con Giemsa.

Per ogni mitilo sono state osservate al microscopio ottico (All. A5-X) circa 2000 cellule di emociti e su queste sono state determinate le frequenze di micronuclei e delle anomalie nucleari (Ottaviani e Franceschini, 1997).

Real Time PCR (q-PCR) - La metodologia prevede l'amplificazione selettiva e quantificazione in vitro di una sequenza di DNA target. Ciò è reso possibile dall'impiego di diversi prodotti chimici fluorescenti detti *reporter* che correlano l'amplificazione con l'intensità della fluorescenza (Higuchi *et al.*, 1993). Nella presente esperienza di monitoraggio è stata prevista l'estrazione del RNA dalle cellule delle ghiandole digestive di mitilo, la retrotrascrizione dell'RNA in cDNA e infine l'amplificazione del cDNA tramite PCR. In questo caso, rispetto alla sequenza completa rappresentata dall'intero RNA, il metodo di studio si è focalizzato sulla quantificazione di due sequenze geniche, MT₁₀ ed MT₂₀, responsabili della sintesi delle metallothioneine (Dondero *et al.*, 2005).

La tecnologia di q-PCR adottata ha previsto:

- l'utilizzo di fluorocromi intercalanti del DNA tipo SYBR Green, una molecola fluorescente non specifica che si lega al solco minore del DNA a doppio filamento (eccitazione/emissione massima a 494/521 nm);
- l'impiego di sonde ad idrolisi tipo "TaqMan". Questa fase consiste in una sequenza oligonucleotidica che, come i primers della PCR, viene disegnata per essere complementare alla sequenza bersaglio del gene da amplificare. Tale sequenza presenta all'estremità 5' un fluoroforo "reporter" come HEX (esacloro-6-carbossifluorescina) e all'estremità 3' una molecola "quencher" rappresentata dal TAMRA (6-

carbossitetrametilrodamina);

– l'uso di acqua RNA-se e DNA-se free.

Operativamente, 0,1 gr di ghiandola digestiva è stato omogenato in Trizol e incubato a temperatura ambiente per 5' per favorire la completa dissociazione dei complessi nucleoproteici. Sono stati quindi aggiunti 100 µl di cloroformio e dopo 3' l'estratto è stato centrifugato (10.000 x g per 5' a 4°C; All. A5-XI) realizzando una separazione in due fasi: una inferiore arricchita in fenolo rosso e una superiore acquosa contenente l'RNA. La fase acquosa è stata trasferita in una eppendorf e l'RNA raccolto è stato concentrato mediante precipitazione per mezzo di trattamenti sequenziali a base di alcool isopropilico ed etanolo (75%) seguiti da centrifugazione a 10.000 x g per 10' a 4°C. Il surnatante ottenuto è stato quindi eliminato e il pellet depositato sul fondo della provetta è stato risospeso in 100 mM sodio acetato ed etanolo (100%). Il passaggio successivo ha previsto la purificazione attraverso trattamento con LiCl (8M), incubato a -20°C per 30' e centrifugato a 20.000 x g per 30'; il surnatante è stato quindi eliminato. Il pellet così ottenuto è stato nuovamente risospeso in etanolo (75%) per la fase di analisi o conservato a -20°C. È seguita la quantificazione dell'RNA ottenuto tramite lettura a diverse bande come $\lambda = 230, 260$ e 280 . Per la fase successiva di sintesi del cDNA sono stati prelevati 0,1 g di RNA totale, incubato a 70° C per 5' con appropriate quantità di oligoTprimers. Successivamente, sono stati aggiunti in rapida sequenza il tampone di reazione, il mix di desossiribonucleotidi trifosfato (dNTP), l'acqua deionizzata nuclease free, e il RevertAid M-MuLV Reverse Transcriptase[®]. È stato quindi impostato il seguente ciclo termico di PCR:

- 1 Incubazione della miscela a 37°C per favorire l'annealing degli oligo(d)T;
- 2 incubazione at 40°C per 40-60';
- 3 Incubazione a 50°C per 20';
- 4 interruzione della reazione tramite riscaldamento at 70°C per 10';
- 5 raffreddamento;

Alla fine della reazione di amplificazione, l'analisi dei risultati è stata operata attraverso il metodo comparativo cicli soglia. Dall'analisi delle curve di amplificazione sono stati desunti i parametri fondamentali alla quantificazione delle molecole inizialmente presenti nel campione come il ciclo soglia e la linea soglia di reazione.

L'efficienza della reazione di PCR è stata valutata tramite i cambiamenti di espressione genica del campione sulla base di un controllo esterno attraverso un campione di riferimento e un gene di riferimento (house-keeping), la cui espressione mantiene gli stessi livelli indipendentemente da variazioni ambientali (Livak e Schmittingen, 2001).

2.2.4.3 Indagini ultrastrutturali

Le indagini ultrastrutturali sono state eseguite mediante microscopia ottica convenzionale, microscopia AMF e microscopia SEM.

La prima tecnica si esegue su sezioni colorate (Ematossilina/Eosina) per evidenziare le componenti acidofile o basofile dei campioni e per caratterizzare anomalie morfologiche dei tessuti su scala relativamente larga.

In questo contesto il termine “anomalia morfologica su scala larga” si riferisce all’osservazione di alterazioni morfologiche estensive di varia natura come, ad esempio, disomogeneità nella tessitura dell’organo, aree con carenze nella captazione o segregazione del colorante, tessuti con tendenza a sfilacciarsi, zone che appaiono disorganizzate o che contengano ghiandole e organelli con bordi indefiniti, frammentati o altre irregolarità simili. Queste attribuzioni, benché possano contenere un qualche inevitabile grado di arbitrarietà, certamente restituiscono un’informazione (in forma statistica) che rende ragione dello stato complessivo del tessuto e che consente di selezionare quelle sezioni su cui è più opportuno concentrare le successive analisi, eseguite con tecniche di raffinamento come la microscopia SEM e la microscopia AFM volta alla rilevazione diretta degli inquinanti nanostrutturati.

La microscopia SEM è utilizzata come tecnica “ponte” tra la scala macroscopica (ottica convenzionale) e quella nanometrica (AFM) e consente di osservare con buona risoluzione le sezioni consentendo una caratterizzazione dettagliata dei tessuti, evidenziando contemporaneamente anche la presenza di nanostrutture di decine o centinaia di nm.

La microscopia AFM, infine, è utilizzata come una tecnica morfologica quantitativa con risoluzioni sulla scala del nm ed è capace di individuare la presenza di nanostrutture di origine endogena ed esogena e di classificarne, qualitativamente, la natura elementale. I punti deboli della tecnica sono la durata delle misure e l’area di campionamento relativamente piccola (tipicamente si raccolgono immagini di circa $20 \times 20 \mu\text{m}^2$), che rendono l’AFM uno strumento per analisi molto raffinate, ma che richiede uno screening preventivo (nello specifico, con microscopia ottica).

Da quanto detto, pertanto, risulta chiaro che gli output dell’analisi microscopistica sono diversi e hanno valore e senso su scale dimensionali distinte:

1. screening delle sezioni e valutazione qualitativa delle anomalie morfologiche osservate (scala mesoscopica – microscopia ottica e SEM a bassa risoluzione);
2. osservazione oggettiva di nanoparticelle, nanotubi, aggregati metallici o altro materiale nano strutturato di origine esogena osservato nei campioni (scala nanometrica –

microscopia AFM e SEM).

3. Eventuale valutazione d'impatto sul tessuto circostante.

Gli organi di interesse (epatopancreas e gonadi) provenienti da 5 esemplari raccolti da ciascun sito (vicino e lontano anodi, controllo) sono stati fissati sino al momento delle successive fasi di preparazione con due differenti metodologie:

- i campioni destinati alle caratterizzazioni con microscopia ottica e SEM sono stati inclusi in paraffina e per essi è stato utilizzato come fissativo il liquido di Bouin (15 parti di acido picrico, 5 parti di formalina e 1 parte di acido acetico);
- i campioni riservati alle caratterizzazioni AFM sono stati inclusi in resina epossidica che è più appropriata per ottenere sezioni sottili. In questo caso il fissativo utilizzato era la glutaraldeide (3% in tampone fosfato); è seguita una post-fissazione con tetrossido di osmio (2% in tampone fosfato).

Disidratazione - Dopo le fissazioni e prima dell'inclusione in paraffina o resina si è reso necessario eseguire un procedimento di disidratazione. Esso è avvenuto immergendo i tessuti in soluzioni a percentuale di etanolo crescente (da 70° a 100°) e poi in un solvente (toluolo o xilolo) per rendere il tessuto trasparente prima dell'inclusione. La procedura utilizzata è la seguente:

- 70% etanolo, vari passaggi fino ad arrivare a 24 h;
- 80% etanolo, 1-2 h;
- 90% etanolo, 1,5 h;
- 95% etanolo, 1 h;
- 100% etanolo, due passaggi da 15' ciascuno.

Procedura d'inclusione e taglio - Terminato il processo di disidratazione, si è proceduto all'infiltrazione dei campioni con opportune resine polimeriche.

Per i tessuti destinati alle analisi SEM (sezioni più spesse) è stata utilizzata la paraffina che ha un punto di fusione basso (54-58°C) e, raffreddandosi, ingloba il tessuto rendendone possibile il taglio. Il procedimento utilizza un solvente della paraffina (Histoclear - C₁₀H₁₆) in accordo con il protocollo seguente:

- bagno in Histoclear: due passaggi da 15' ciascuno;
- 50% Histoclear e 50% paraffina: 1 h a 60°C;
- bagno in paraffina liquida pura: due passaggi da 1,5 h a 60°C;
- inclusione in un blocchetto di paraffina nuova.

Per i tessuti destinati alle analisi AFM (sezioni più sottili) si è proceduto ad inclusione in resina epossidica (Epon o Araldite). Questi polimeri, liquidi a temperatura ambiente e solubili in acetone, vengono preparati da soluzioni di monomeri con un accelerante per

favorirne la polimerizzazione.

La procedura utilizzata è la seguente:

- Bagno in acetone: due passaggi da 15' ciascuno;
- 50% acetone e 50% resina: 1 h a 70°C;
- bagno in resina pura: due passaggi da 1,5 H a 70°C;
- inclusione in resina per completare l'infiltrazione.

I campioni sono stati quindi sezionati col microtomo rotativo o con l'ultramicrotomo. Il microtomo convenzionale è uno strumento dotato di una lama e di un movimentatore a passi di alta precisione, che consente di ottenere dal blocchetto in paraffina delle sezioni di spessore regolabile da un massimo di 25 µm fino ad un minimo di 3-4 µm. Lo strumento utilizzato è un microtomo manuale dotato di lama regolabile e rotabile Leitz 1512 (All. A5-XIII). Una volta tagliate, le sezioni d'interesse sono state selezionate con un microscopio ottico (All. A5-XIV), separate con un bisturi dalla striscia e depositate su un vetrino o porta campioni appositamente ricoperto di albumina di siero bovino o polilisina per favorire l'adesione uniforme della sezione. Infine, i vetrini così preparati sono stati scaldati leggermente per favorire la distensione uniforme delle fettine e quindi incubati per 12 h a 37°C o comunque fino a completa asciugatura.

Un ultramicrotomo permette di ottenere sezioni molto più sottili rispetto a quelle del microtomo tradizionale. Lo strumento utilizzato (Reichert Ultracut S; All. A5-XV) permette di ottenere sezioni fino a un minimo di 90 nm. Il procedimento di taglio con questo strumento garantisce un controllo delle parti mobili molto preciso. La movimentazione avviene sfruttando l'espansione termica lineare del porta-oggetti, mentre le lame sono tipicamente di vetro trattato. Le sezioni sono state prodotte con uno spessore di circa 200 nm e utilizzate per la microscopia AFM.

Colorazione - I campioni da utilizzare per lo screening preliminare eseguito con microscopia ottica classica sono stati colorati con Ematossilina/Eosina (E-E): la prima sostanza è basica e marca i nuclei di un colore blu, mentre la seconda è acida e viene usata per marcare il citoplasma cellulare e tessutale di un rosa chiaro.

L'Ematossilina utilizzata viene comunemente definita Emallume Carazzi G (Componenti attivi Ematossilina 0,1% e Allume Potassico 5%). L'Eosina utilizzata è l'Eosina B.

Preliminarmente alla colorazione, poiché i coloranti sono acquosi, si è proceduto a una reidratazione delle sezioni attraverso incubazioni in soluzioni con % di alcool decrescenti.

La procedura utilizzata è la seguente:

- bagno in HistoClear: due passaggi da 15' ciascuno per rimuovere la paraffina;

- 100% etanolo: due passaggi da 5' ciascuno;
- 95% etanolo: 5';
- 90% etanolo: 5';
- 80% etanolo: 5';
- 70% etanolo: 5';
- bagno in Acqua distillata o Soluzione fisiologica: 5'.

A questo punto è stato possibile procedere alla colorazione:

- Emallume: 4-6';
- vari sciacqui in acqua di fonte e acqua distillata;
- Eosina: 1';
- vari sciacqui in 95% etanolo;
- Etanolo puro: due passaggi da 5' ciascuno;
- Histoclear: due passaggi da da 5' ciascuno;
- copertura con un conservante a resina viscosa (Eo-Kit) e con un copri vetrino;
- asciugatura.

Analisi dei campioni con microscopia ottica convenzionale - Un congruo numero di sezioni provenienti da 4 o 5 esemplari di mitilo prelevato da ciascun sito sono state osservate e mappate a 100 o 200 ingrandimenti mediante un microscopio ottico convenzionale rovesciato (Olympus IX; All. A5-XVI) dotato di condensatore ottico e foto/telecamera a 2 megapixel (Olympus SC20) che permette di ottenere immagini fino a un massimo 1596 x 1196 pixel. La luce utilizzata è quella emessa da una lampada a spettro solare. La mappatura ha lo scopo di effettuare un primo screening per evidenziare e quantificare le alterazioni tissutali osservabili a questa scala di ingrandimento e di metterle in relazione con le condizioni di crescita degli esemplari analizzati.

Le sezioni istologiche sono state preparate “a sandwich” tra un vetrino porta-oggetto ed uno copri-oggetto. Quelle risultate più interessanti mediante il microscopio ottico sono state successivamente ripreparate (la preparazione con il campione “a sandwich” non è compatibile con l’imaging SEM) e analizzate con microscopia elettronica a scansione. La misura è stata eseguita prima raccogliendo immagini a bassa risoluzione (150-250 ingrandimenti) per realizzare una panoramica della sezione analizzata che consentisse di correlare i dati di microscopia ottica convenzionale con quelli di microscopia elettronica e, successivamente, raccogliendo immagini ad alto ingrandimento (fino a 5-10000 X), per osservare nel dettaglio specifiche strutture tissutali.

In questo survey i campioni sono stati analizzati anche mediante microscopia micro-raman. Questa tecnica (Dent e Smith, 2006), è stata utilizzata sostanzialmente per ricercare, nelle sezioni dei campioni, la presenza di inquinanti non metallici (con riferimento specifico per

le microplastiche). Le analisi dei dati, benché ancora in corso, non hanno evidenziato finora la presenza degli inquinanti cercati, tuttavia segnaliamo che, per effetto dell'impiego di una ulteriore tecnica di microscopia a risoluzione ottica, il numero di sezioni di mitilo su cui è stato fatto lo screening ottico è risultato significativamente più alto del solito.

Preparazione dei campioni ed analisi AFM e SEM - Il microscopio AFM permette di studiare una gamma molto vasta di campioni richiedendo una minima preparazione. Nel caso specifico, sono state studiate sezioni istologiche provenienti dai tessuti inclusi in resina epossidica e tagliate con l'ultramicrotomo (All. A5-XV) in sezioni sottili dello spessore di circa 1-200 nm. La caratterizzazione dei campioni è stata effettuata in massima parte in modalità "contact", in modo da studiarne al meglio la topografia e, tramite misure di friction force, identificare le particelle metalliche presenti al loro interno. Alcuni raffinamenti delle indagini sono stati eseguiti in modalità di "tapping". I microscopi utilizzati per l'analisi delle sezioni istologiche sono strumenti progettati e costruiti presso i laboratori CNR-ISM con range di scansione tipicamente di 25x25 o 40x40 µm. Le punte usate sono Veeco MSCT-AUHW da contact (raggio apicale circa 10 nm) e Nanosensors PPP-NCHR-50 da tapping (raggio 10-15 nm e frequenza di risonanza di circa 300khz; All. A5-XVII).

Per l'analisi SEM le sezioni di 4-8 µm incluse in paraffina e non colorate sono state depositate su un substrato conduttore (silicio drogato per renderlo conduttore) e sottoposte a un processo di rimozione e dissoluzione della paraffina, le cui caratteristiche di bassa conducibilità potevano ostacolare le misure SEM. Il microscopio SEM utilizzato per le misure di questa relazione è uno Stereoscan 260 della Cambridge Instruments, dotato di pompa rotativa e turbo molecolare per il mantenimento del vuoto ($10^{-6}/10^{-7}$) e di filamento a tungsteno per la produzione del fascio elettronico (All. A5-XVIII). Le energie ottenibili sono comprese tra i 5 e i 30 keV, scelte a seconda delle caratteristiche del campione. Lo strumento permette di ottenere immagini con risoluzione di decine di nm.

2.2.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Durante le analisi di laboratorio le sei repliche prelevate in ciascuna stazione sono state trattate separatamente. Il sorting è stato compiuto con l'ausilio di uno stereomicroscopio e di un microscopio ottico (All. A3-III e A3-IV) e l'identificazione degli organismi è stata effettuata al più basso livello sistematico possibile. Gli individui appartenenti allo stesso gruppo sono stati contati e pesati (All. A3-V). Per ogni stazione sono stati quindi calcolati i

seguenti indici medi utilizzando i dati relativi alle 6 repliche:

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

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

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

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

Ricchezza specifica totale (S; Pielou, 1974): *Numero totale di specie presenti nelle 6 repliche*

Ricchezza specifica media (S_m): *Numero medio di specie presenti nelle 6 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 rilevate nelle singole stazioni campionate nell'estate 2018 sono state calcolate le curve di dominanza cumulativa utilizzando il pacchetto software PRIMER (Clarke e Warwick, 2001).

Per determinare eventuali somiglianze tra le stazioni campionate con i dati di densità è stata effettuata un'analisi statistica multivariata (MultiDimensional Scaling) previa trasformazione dei dati in $\sqrt{2}$ utilizzando il medesimo pacchetto software.

Infine, per valutare lo stato ecologico dell'area, sono stati confrontati i risultati di tre differenti indici (W di Clarke, AMBI e BENTIX; Clarke e Warwick, 2001; Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), seguendo quanto suggerito da Teixeira *et al.* (2007).

L'indice W prevede l'integrazione dei dati di abbondanza numerica e di biomassa delle singole specie e 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. Se il valore ottenuto è 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-XII.

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

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

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

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

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

I gruppi ecologici nei quali vengono raggruppate le specie (il cui elenco disponibile nel software AMBI 5.0 è aggiornato a giugno 2017) sono identificati soprattutto in base alla loro sensibilità ad arricchimenti organici:

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

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

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

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

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

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

Tab. 2-XIII - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice AMBI (Borja *et al.*, 2000).

Environmental Classification	AMBI
Ambiente non inquinato	$0,0 < \text{AMBI} \leq 1,2$
Ambiente leggermente inquinato, di transizione	$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$
Ambiente moderatamente inquinato	$3,3 < \text{AMBI} \leq 5,0$
Ambiente fortemente inquinato	$5,0 < \text{AMBI} \leq 6,0$
Ambiente estremamente inquinato	Azoico

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

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

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-XIV. In Tab. 2-XV è infine riportata la classificazione dello stato ecologico dell'ambiente indicata in Bettencourt *et al.* (2004) sulla base della combinazione di tre differenti indici.

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

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

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

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

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

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

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

2.2.6. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.2.6.1 Campionamenti di pesca

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

- lunghezza totale (pesci; al ½ cm inferiore);
- lunghezza del mantello (molluschi cefalopodi; al ½ cm inferiore);
- lunghezza del carapace (crostacei; al mm inferiore);
- peso fresco (al g inferiore).

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

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

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

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

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

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

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

2.2.6.2 Investigazioni acustiche

L'elaborazione dei dati inerenti la colonna d'acqua, rilevati tramite MBES, è stata eseguita con il software Echoview (Myriax, Tasmania).

Dopo la conversione dei *raw data*, è stato eseguito lo *screening* dettagliato degli ecogrammi bidimensionali relativi a ciascun transetto. Una volta individuata una possibile aggregazione di pesce (*target*), sono stati selezionati i ping contenenti l'aggregazione creando un sottoinsieme dell'ecogramma. In presenza di rumore di fondo ben distinguibile dal target, è stata applicata una pulizia del dato utilizzando una procedura di mascheramento. Questo avviene per esempio in prossimità della piattaforma stessa (fig. 2.10) la cui base, costituita da pali che si estendono verticalmente lungo tutta la colonna d'acqua, causa intensi fenomeni di *backscatter* e di *scattering* omnidirezionale. Inoltre, gli impulsi che penetrano negli spazi tra i pali della piattaforma possono venire riflessi più volte prima di tornare ai trasduttori o perdersi nell'ambiente circostante. Per tale motivo sono stati presi in considerazione solo quei *target* chiaramente distinguibili dall'intenso

rumore di fondo.

Una volta individuato, il banco di pesce è stato estratto tramite la procedura *target detection* e l'algoritmo *cruise-scanning* per piattaforme in movimento (fig. 2.11). Visto che il sistema EM2040CD non può essere calibrato per l'identificazione di particolari specie ittiche, si è considerato un *volume backscatter strength* (S_v) compreso tra -35 +64, range scelto a seguito di un controllo di qualità del dato effettuato al fine di isolare il rumore. Questa procedura, oltre a fornire l'immagine tridimensionale del target, permette di estrarne le caratteristiche metriche e acustiche che, quando possibile, sono state usate per confrontare la distribuzione dei due macrogruppi individuabili in base alla distanza dalla piattaforma (il primo comprendente i banchi rilevati entro 300 m dalla struttura e il secondo quelli individuati nelle zone periferiche).

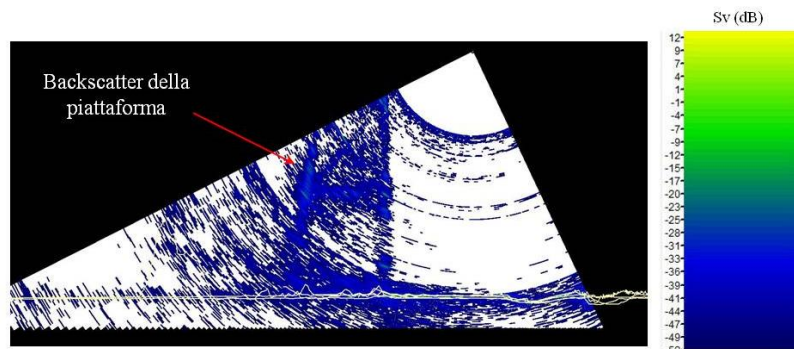


Fig. 2.10 - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma. Il forte *backscatter* dovuto alla presenza della struttura stessa e lo *scattering* omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma o all'interno dell'areale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

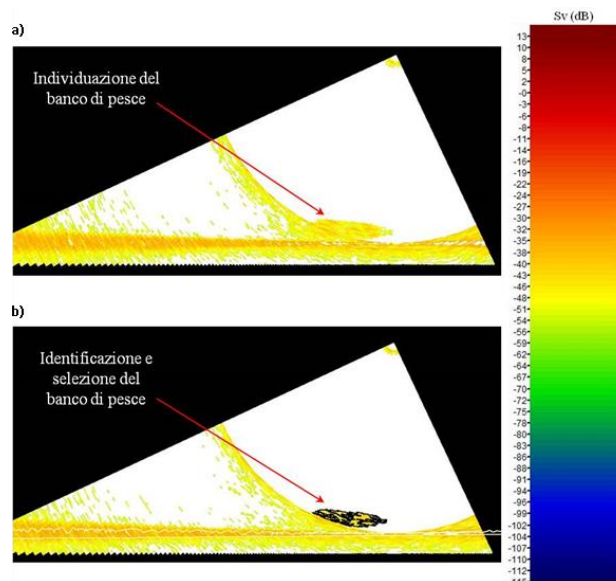


Fig. 2.11 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echoview. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del target tramite la procedura *School detection*. La scala a colori sulla destra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

Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche metriche e variabili acustiche estratte per ogni *target* tridimensionale (Tab. 2-XVI e 2-XVII).

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

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

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

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

Completata l'individuazione dei banchi di pesce, sono state create scene tridimensionali delle porzioni di colonna d'acqua investigate, includendo anche il fondale marino e la struttura Elettra.

2.2.6.3 Indagini video in prossimità della piattaforma

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

3. RISULTATI

3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nell'**ottobre 2018** in superficie è stato osservato uno strato omogeneo di circa 15-20 m con temperature che hanno raggiunto il valore massimo di 20,5°C. Al di sotto di tale strato è avvenuto un decremento che ha portato a 12,8°C sul fondo (fig. 3.1). Picchi subsuperficiali di salinità sono stati registrati in alcune stazioni, e, in generale, si è osservata una certa variabilità lungo tutta la colonna d'acqua. Il valore massimo, pari a 38,8 psu, è stato rilevato a 26 m nella stazione E6. I minimi sono stati misurati nello strato superficiale della E5, dove si è raggiunto il minimo assoluto di 38,2 psu (fig. 3.1).

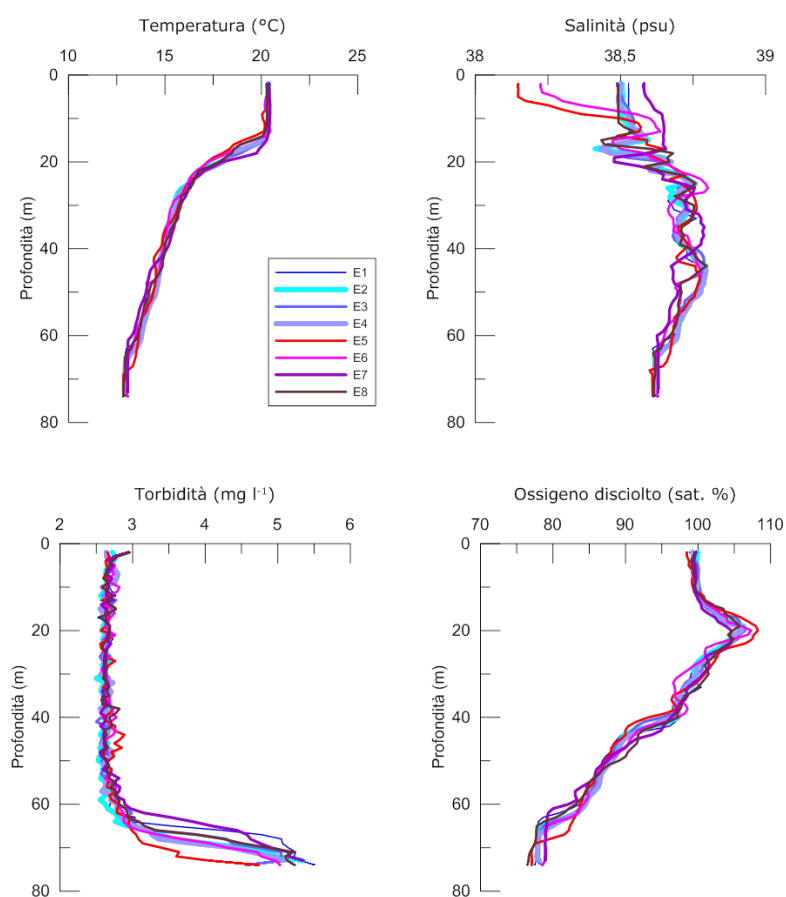


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (total suspended matter - TSM; mg/l) e saturazione di ossigeno (% sat). **Ottobre 2018.**

Le distribuzioni areali hanno evidenziato al fondo un aumento di entrambi i parametri da

Ovest verso Est; lo stesso trend è stato rilevato in superficie per la temperatura, mentre la salinità ha mostrato una riduzione da Nord verso Sud (fig. 3.2).

La torbidità è risultata intorno a $2,6 \text{ mg l}^{-1}$ nei primi 60 m, per aumentare nettamente verso il fondo fino a un massimo di $5,51 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione E1 (fig. 3.1).

L'ossigeno disciolto ha mostrato valori di saturazione nel range 77-108%, con i massimi intorno ai 20 m di profondità e i minimi al fondo (fig. 3.1).

La fluorescenza *in situ*, in media pari a $0,46 \pm 0,22 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$, è risultata ovunque costante fino a 20 m, con un aumento sino a circa 50 m e un decremento verso il fondo. Il massimo ($1,11 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$) è stato osservato a circa 40 m nella stazione E5 (fig. 3.3).

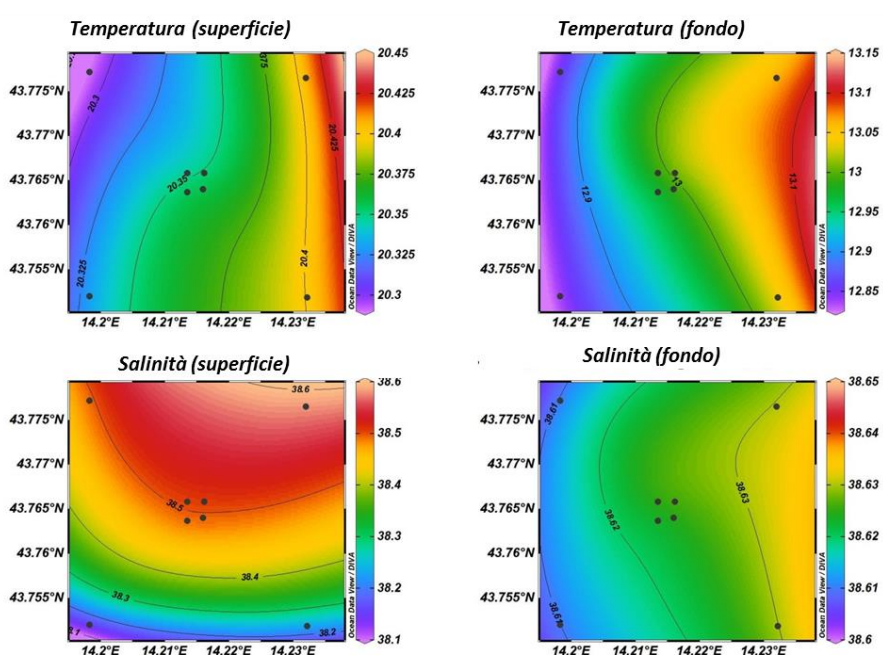


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Ottobre 2018.**

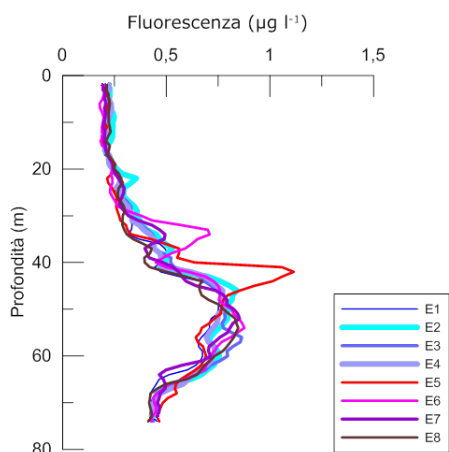


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Ottobre 2018.**

A **novembre** la colonna d'acqua è risultata completamente rimescolata fino a 40-45 m di profondità. Il massimo di 19,3°C è stato misurato nello strato superficiale nella stazione E7 e il minimo (14,4°C) al fondo della E5 (fig. 3.4).

La salinità, poco variabile tra le diverse stazioni e molto simile al periodo precedente, è risultata nel range 38,5-38,8 psu, con il massimo e il minimo assoluti registrati rispettivamente al fondo e in superficie nel sito E5 (fig. 3.4).

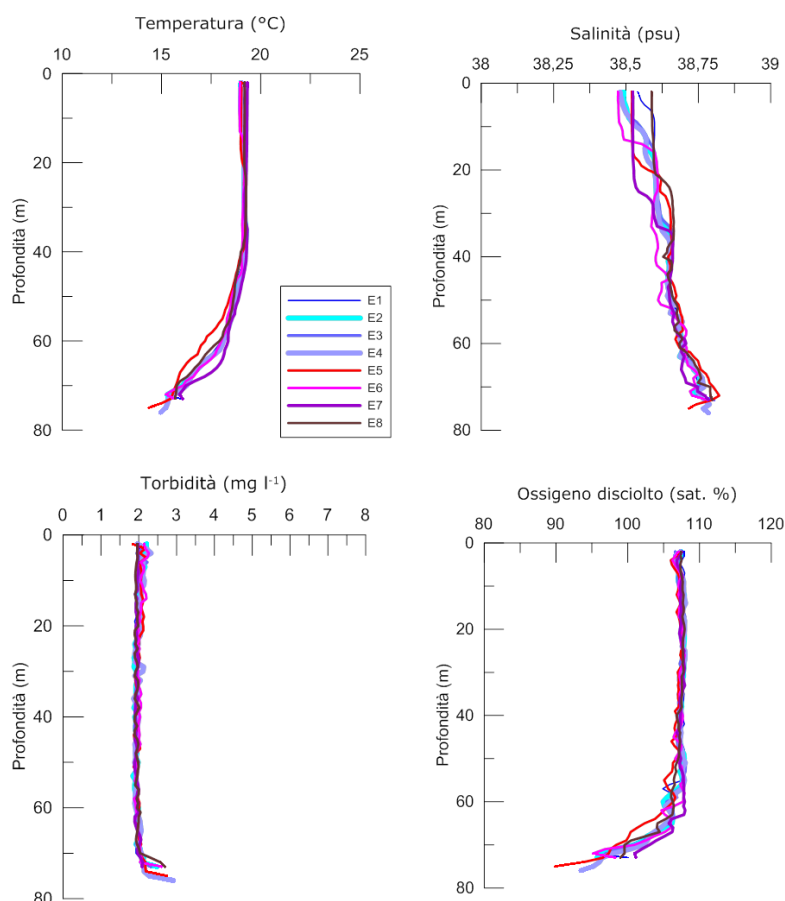


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l^{-1}) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Novembre 2018.**

Le distribuzioni areali hanno evidenziato lo stesso andamento per la temperatura in superficie e al fondo e per la salinità al fondo, con un decremento da Nord-Nord/Est verso Sud-Sud/Ovest. La salinità in superficie, invece, ha evidenziato i minimi a Sud-Est (fig. 3.5).

La torbidità è risultata costante fino al fondo dove è stato osservato un massimo di 2,92 mg l^{-1} nella stazione E4 (fig. 3.4).

La saturazione dell'ossigeno disciolto si è mantenuta nel range 90-108%, con il massimo a circa 20 m nella E1 e il minimo al fondo della E5 (fig. 3.4).

La fluorescenza è apparsa leggermente inferiore rispetto ad ottobre (media $0,32 \pm 0,03 \mu\text{g l}^{-1}$) senza picchi di concentrazione accentuati lungo il profilo; il massimo di $0,42 \mu\text{g l}^{-1}$ è stato registrato a 20 m nella stazione E5 (fig. 3.6).

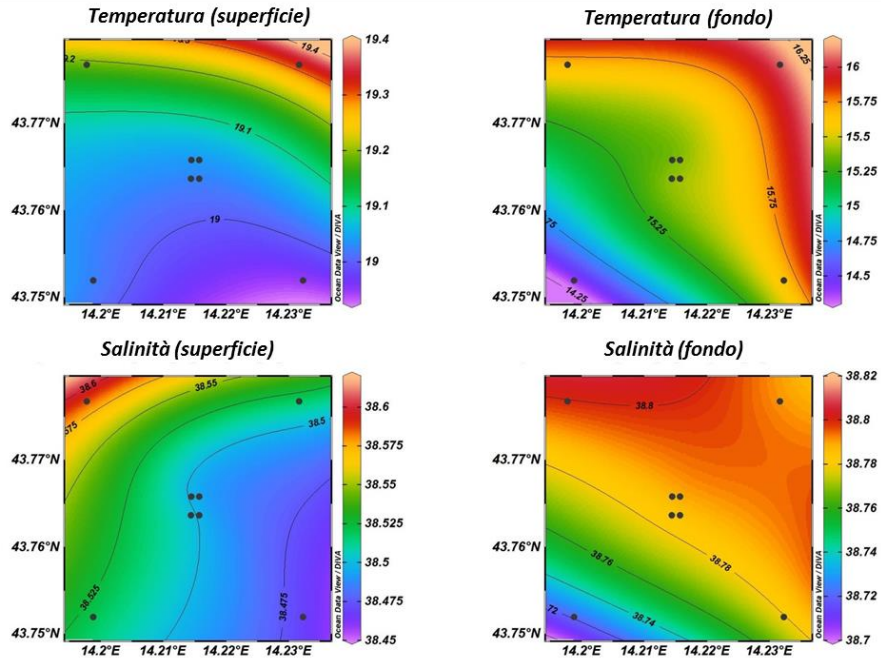


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Novembre 2018.**

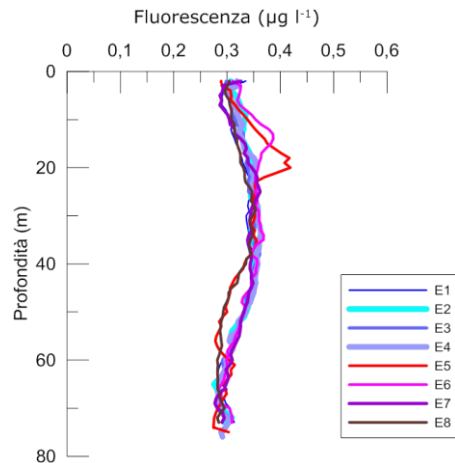


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Novembre 2018.**

3.1.2. NUTRIENTI

Nell'ottobre 2018 le concentrazioni dei nutrienti azotati sono risultate mediamente di $0,85 \pm 0,78 \mu\text{M}$ per NO_3 , di $0,30 \pm 0,09 \mu\text{M}$ per NO_2 e di $0,97 \pm 0,29 \mu\text{M}$ per NH_3 (figg. 3.7a, 3.7b, 3.8). I valori più elevati per i NO_3 sono stati misurati al fondo delle stazioni più prossime alla piattaforma, con un massimo di $2,61 \mu\text{M}$ nella E2 dove, sempre al fondo, si è registrata anche la concentrazione massima di NO_2 . Le concentrazioni maggiori di NH_3

sono state invece misurate negli strati intermedi, con un massimo (1,56 μM) a 40 m nella E8. Anche gli ortofosfati (PO_4) e gli ortosilicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) sono risultati più abbondanti al fondo, con massimi rispettivamente di 0,23 μM nella E3 e 5,64 μM nella E8.

A **novembre** i nutrienti azotati sono risultati meno presenti rispetto ad ottobre, anche se mediamente solo il valore relativo ai nitriti è apparso inferiore al corrispettivo del mese precedente. Le medie di novembre sono state pari a $0,75 \pm 0,20$ μM per NO_3 , a $0,14 \pm 0,05$ μM per NO_2 e a $0,62 \pm 0,28$ μM per NH_3 (figg. 3.9a, 3.9b, 3.10).

Anche in questo periodo sia NO_3 che NO_2 hanno presentato alte concentrazioni al fondo nell'area centrale, con valori massimi rispettivamente pari a 1,38 μM (stazione E4) e 0,28 μM (E3). Per l' NH_3 le concentrazioni più elevate sono state misurate sia in superficie che negli strati intermedi, raggiungendo un massimo di 1,25 μM a 40 m nella E4.

I PO_4 sono apparsi più abbondanti nell'area Sud-Ovest, dove hanno raggiunto il massimo di 0,13 μM a 20 m nella E1, i $\text{Si}(\text{OH})_4$ sia al fondo che in superficie, con il massimo assoluto di 2,20 μM registrato al fondo della stazione E3.

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nell'**ottobre 2018** (figg. 3.11a, 3.11b, 3.12) tutti i pigmenti clorofilliani hanno presentato le concentrazioni più alte nello strato intermedio e al fondo. La clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $277,65 \pm 125,76$ ng l^{-1} , con un massimo di 491,30 ng l^{-1} nella stazione E5 a 40 m. La clorofilla *b* (Chl *b*) è stata in media pari a $41,03 \pm 31,28$ ng l^{-1} e la clorofilla *c* (Chl *c*) a $20,93 \pm 19,52$ ng l^{-1} . Il massimo di Chl *b* di 111,00 ng l^{-1} è stato misurato al fondo della stazione E6, quello di Chl *c* a 40 m nella E2 (64,15 ng l^{-1}).

La concentrazione di materiale particellato (TSM) è stata mediamente di $4,20 \pm 1,70$ mg l^{-1} . Sono stati registrati dei picchi a quote diverse con il massimo assoluto, pari a 6,85 mg l^{-1} , in superficie nella stazione E3.

A **novembre** (figg. 3.13a, 3.13b, 3.14) le concentrazioni medie delle tre clorofille sono apparse simili ad ottobre (Chl *a*: $297,14 \pm 71,86$; Chl *b*: $53,19 \pm 19,18$; Chl *c*: $36,27 \pm 10,83$ ng l^{-1}). I massimi di Chl *a* e Chl *b* sono stati leggermente inferiori rispetto ad ottobre (rispettivamente 424,30 ng l^{-1} in E7, 20 m e 94,04 ng l^{-1} in E3, superficie). La concentrazione massima di Chl *c* è risultata invece molto simile a quella di ottobre (65,02 ng l^{-1} in E7, 20 m).

Anche il TSM è risultato inferiore rispetto al survey precedente. Mediamente pari a $2,36 \pm 0,75$ mg l^{-1} , ha raggiunto un massimo di 5,01 mg l^{-1} al fondo della stazione E8.

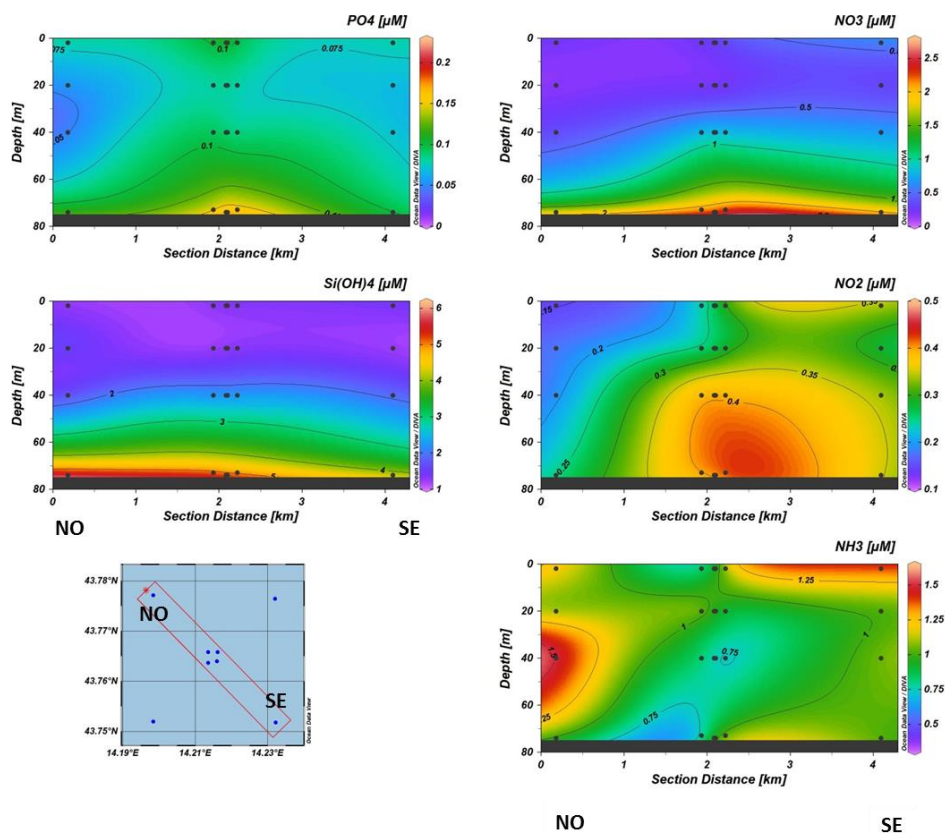


Fig. 3.7a - Sezioni verticali delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2, E6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Ottobre 2018.

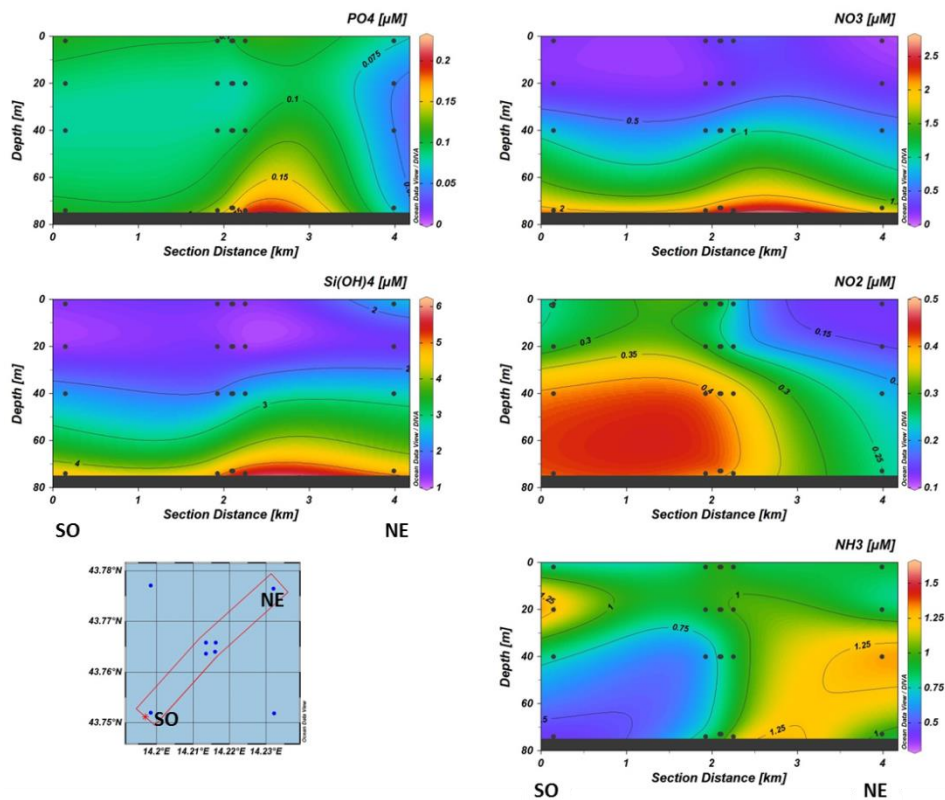


Fig. 3.7b - Sezioni verticali delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3, E7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3) espresse in μM . Ottobre 2018.

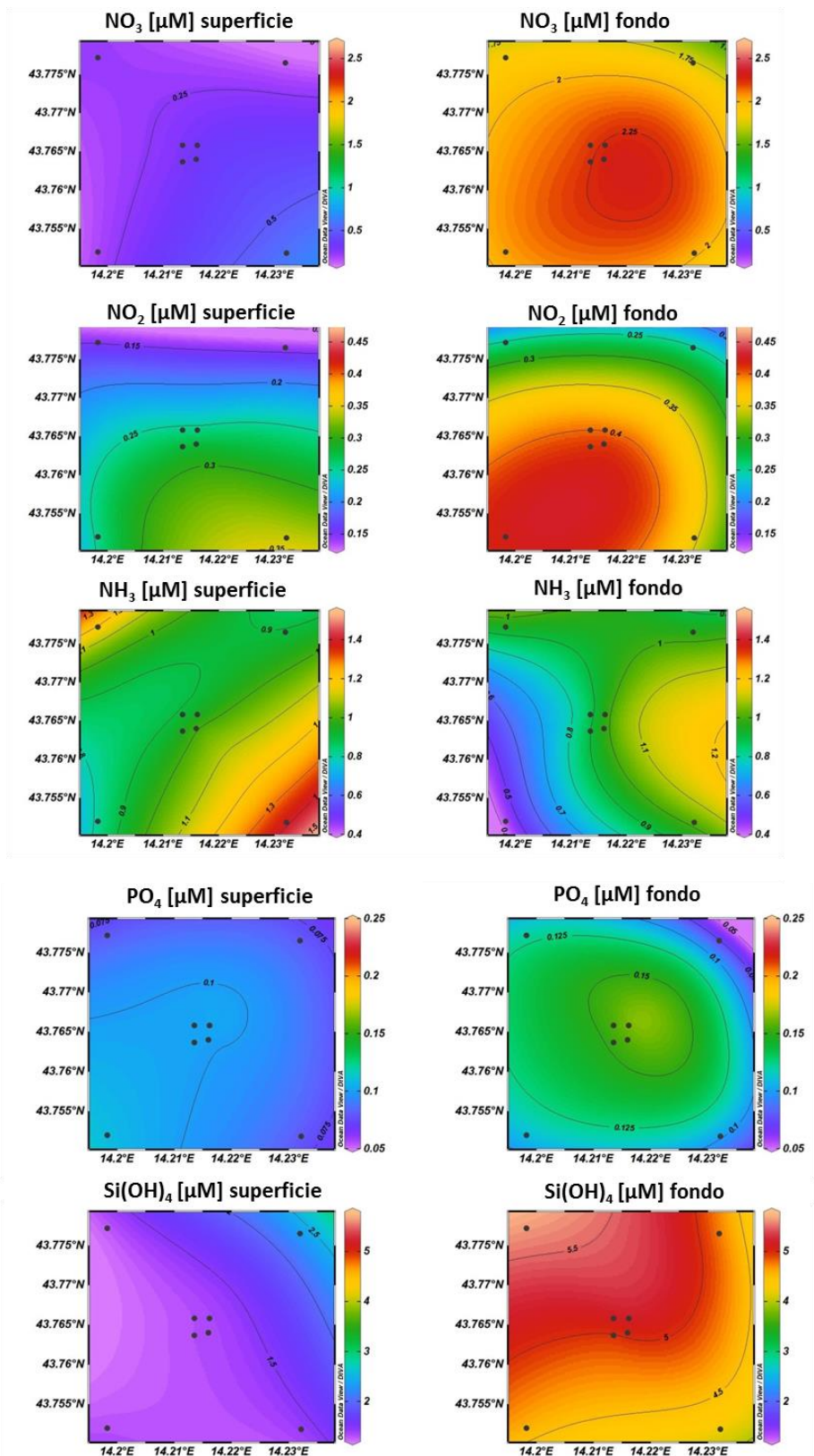


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3), ortofosfati (PO_4) e ortosilicati (Si(OH)_4) espresse in μM , in superficie e al fondo. **Ottobre 2018.**

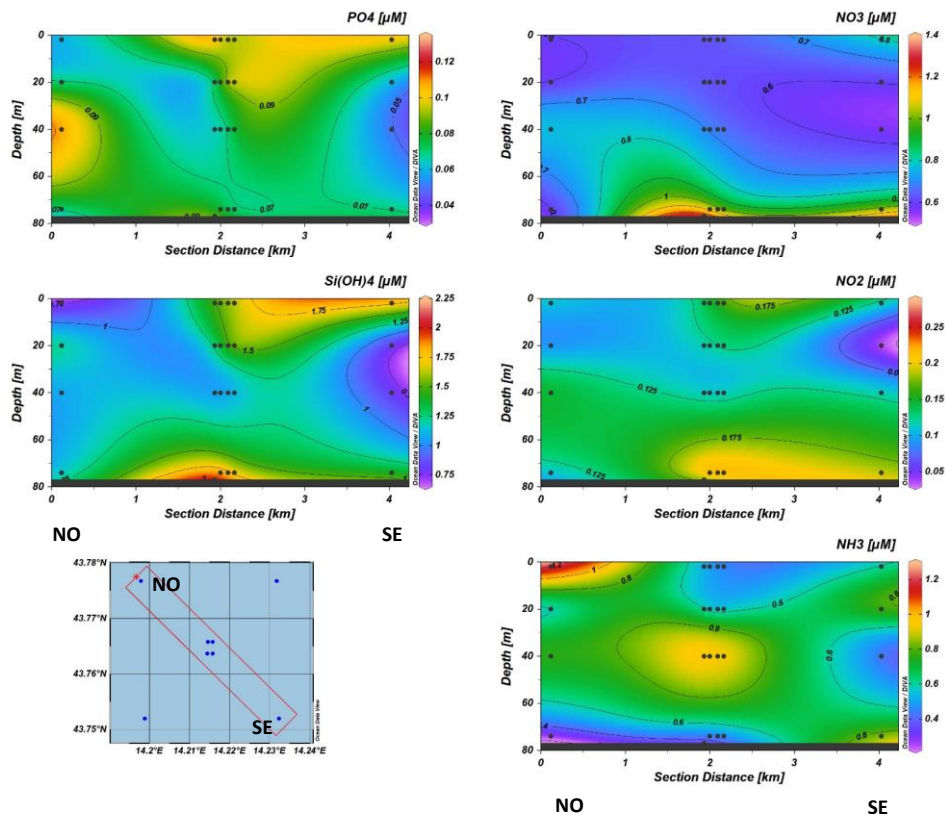


Fig. 3.9a - Sezioni verticali delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2, E6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Novembre 2018.

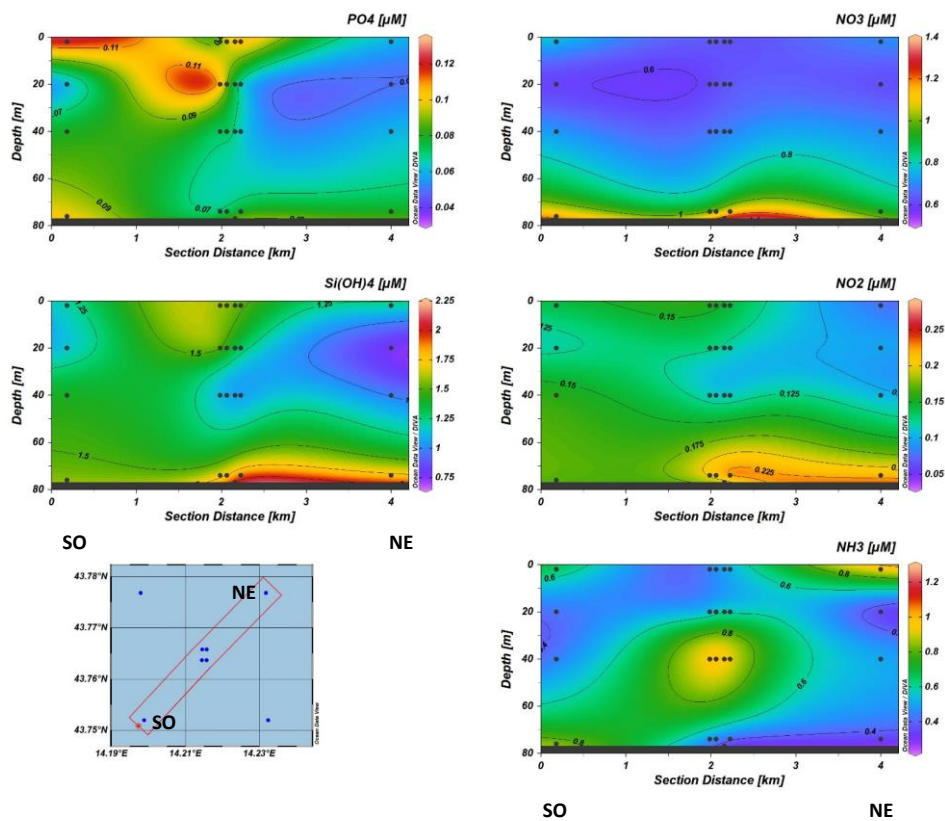


Fig. 3.9b - Sezioni verticali delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3, E7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3) espresse in μM . Novembre 2018.

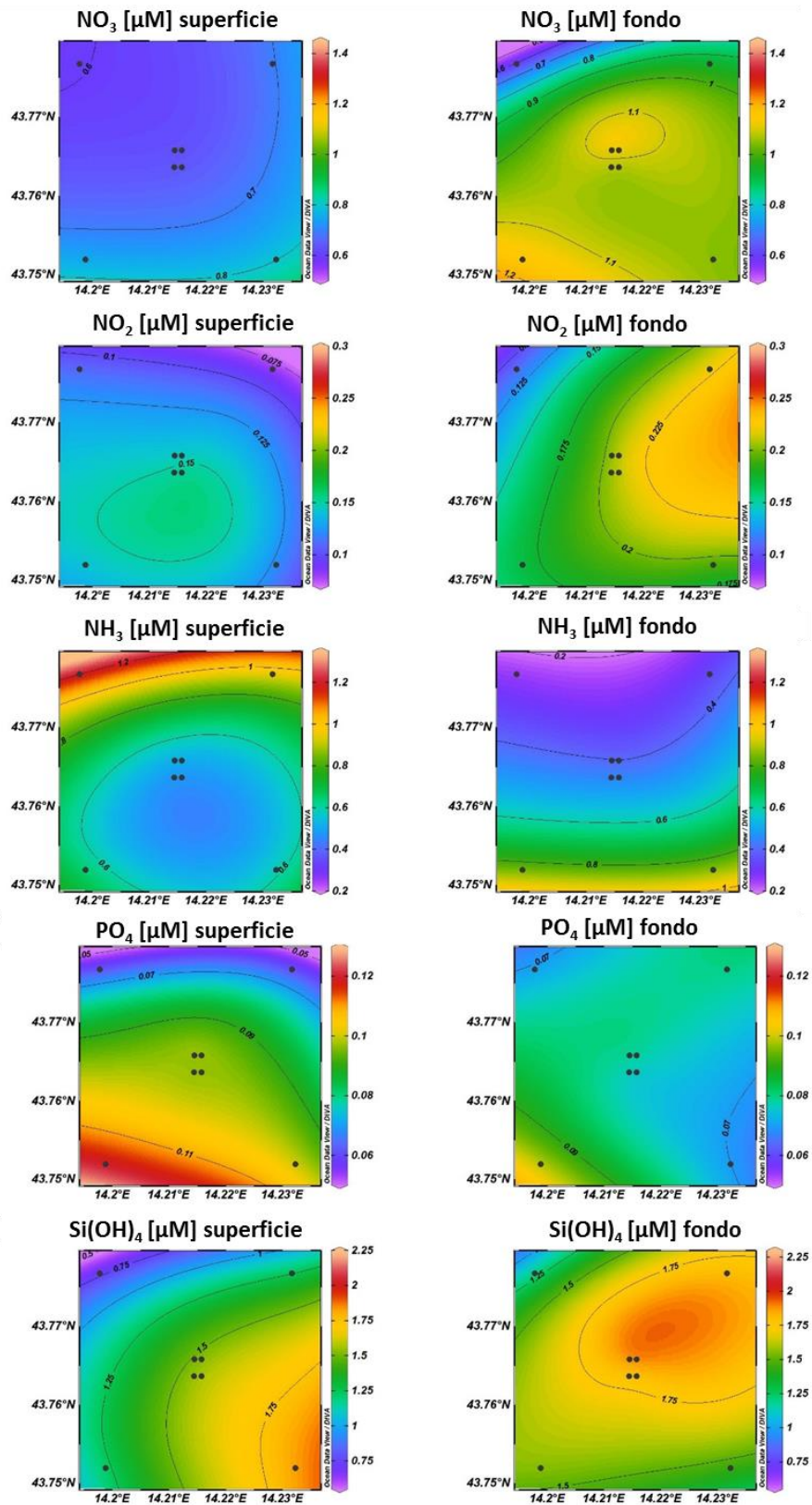


Fig. 3.10 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3), ortofosfati (PO_4) e ortosilicati (Si(OH)_4) espresse in μM , in superficie e al fondo. **Ottobre 2018.**

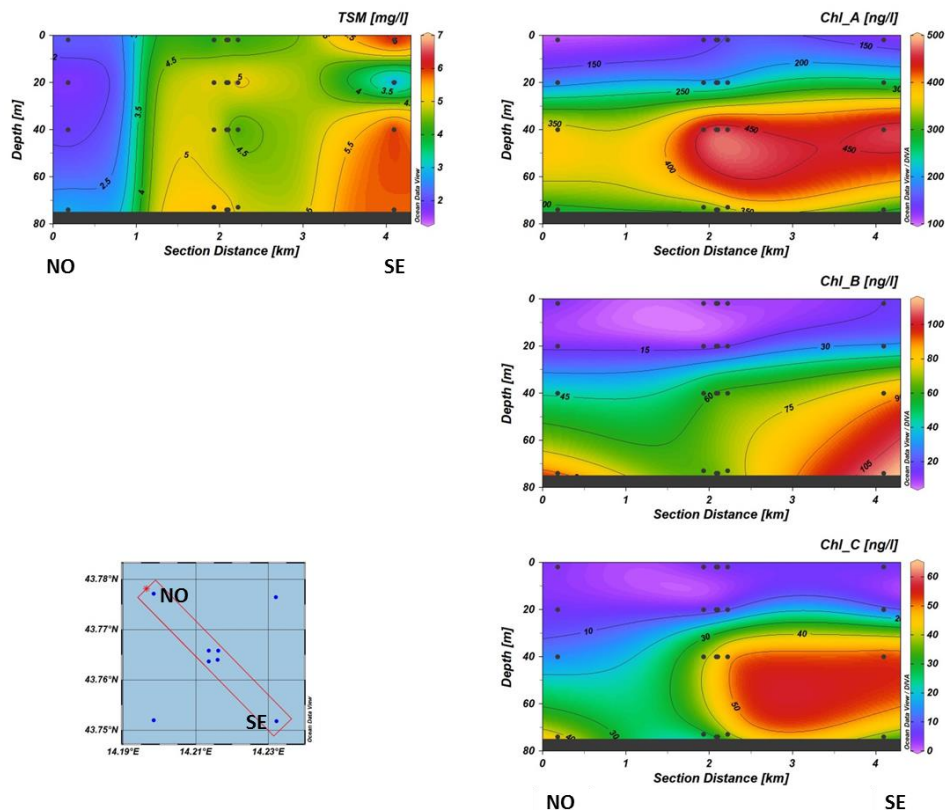


Fig. 3.11a - Sezione verticale delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2, E6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l . **Ottobre 2018**.

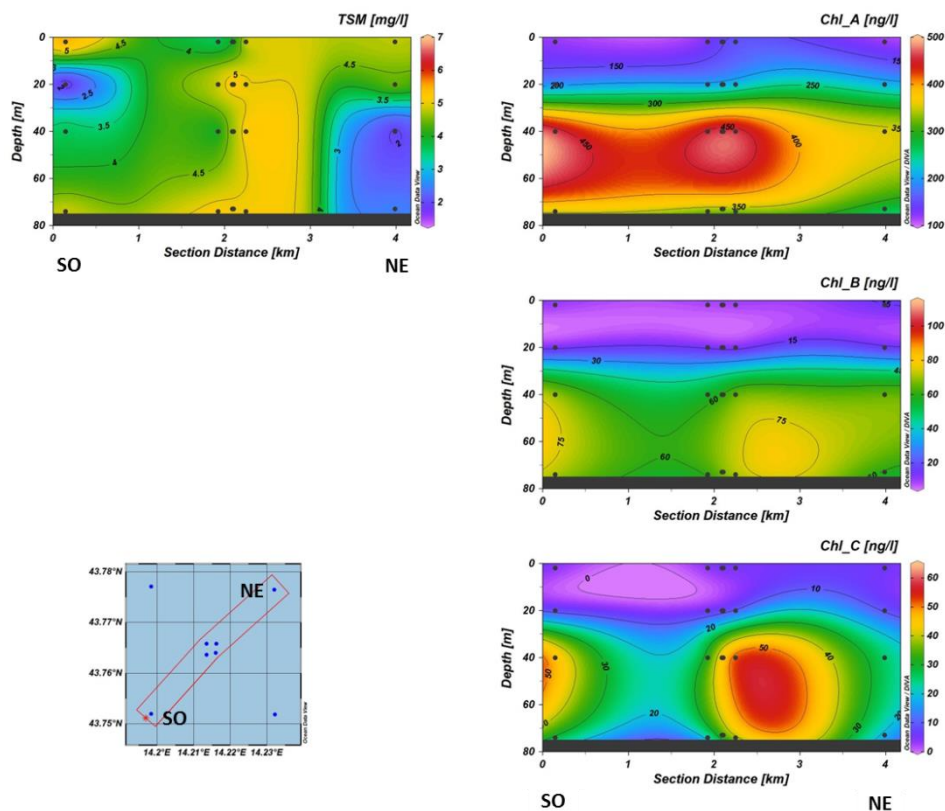


Fig. 3.11b - Sezioni verticali delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3, E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l . **Ottobre 2018**.

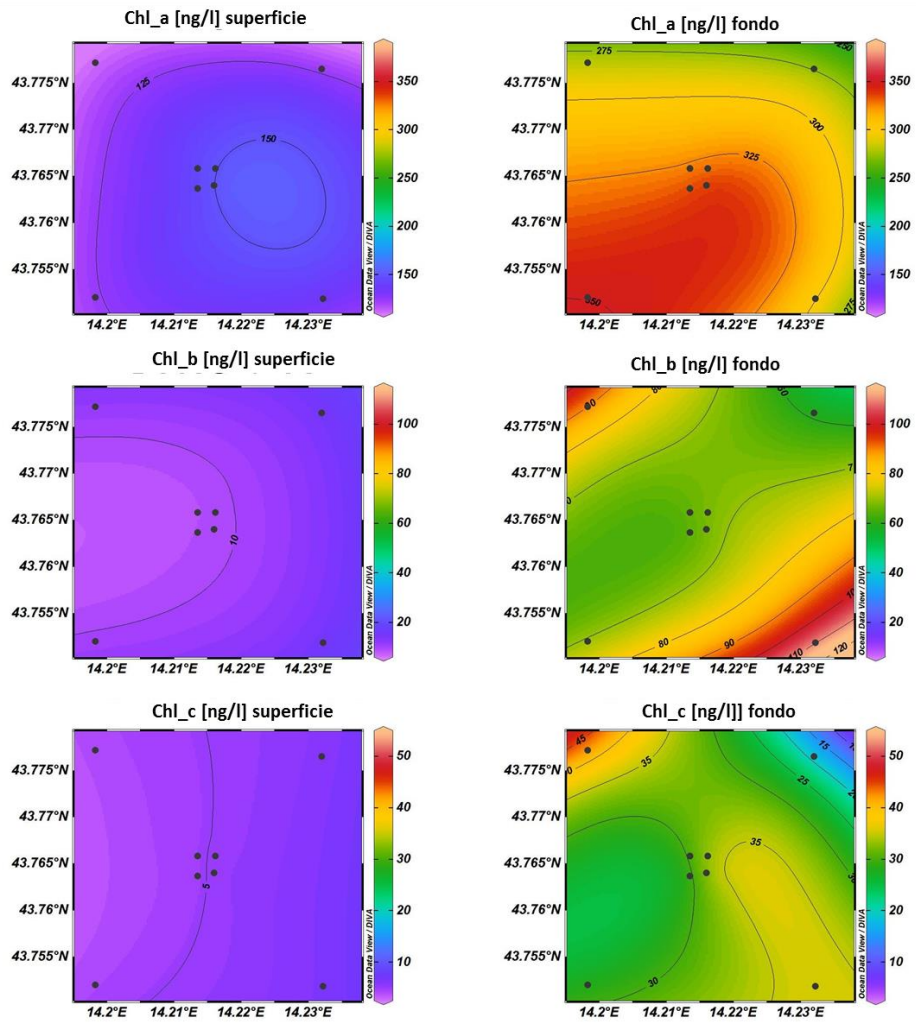


Fig. 3.12 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Ottobre 2018.**

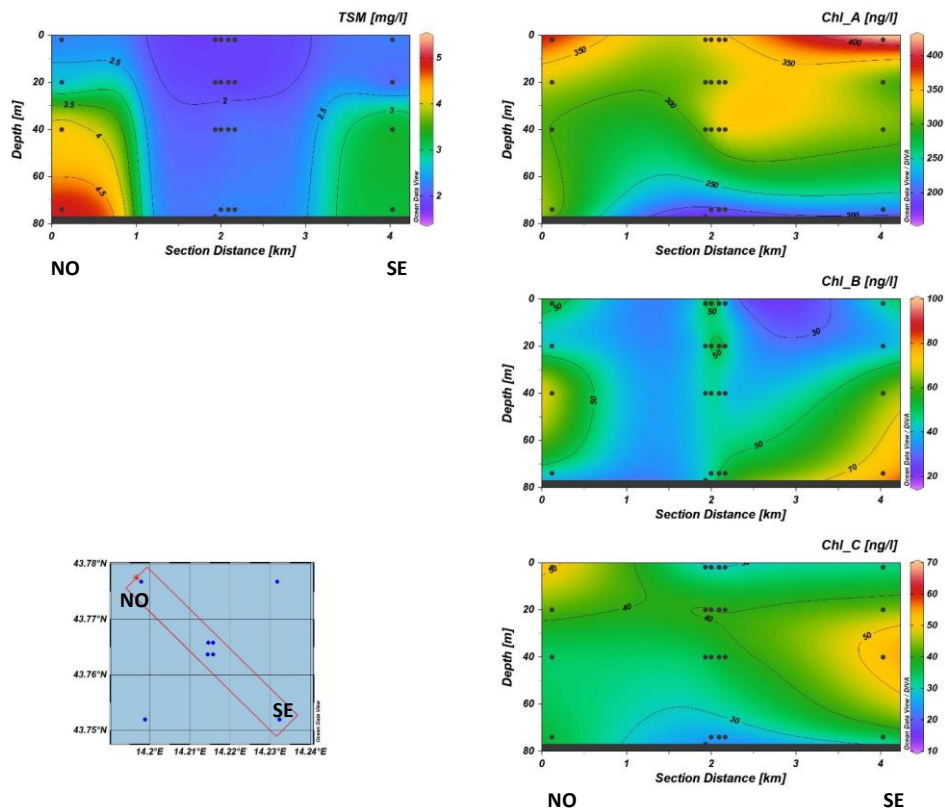


Fig. 3.13a - Sezione verticale delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2, E6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l . **Novembre 2018**.

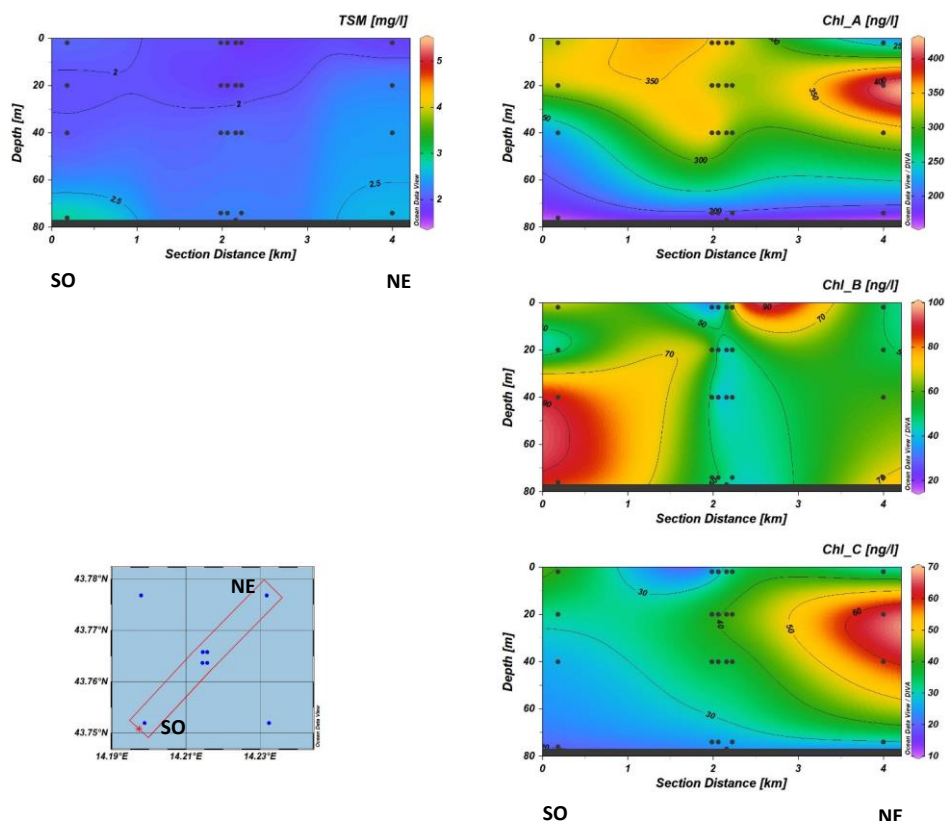


Fig. 3.13b - Sezioni verticali delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3, E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l . **Novembre 2018**.

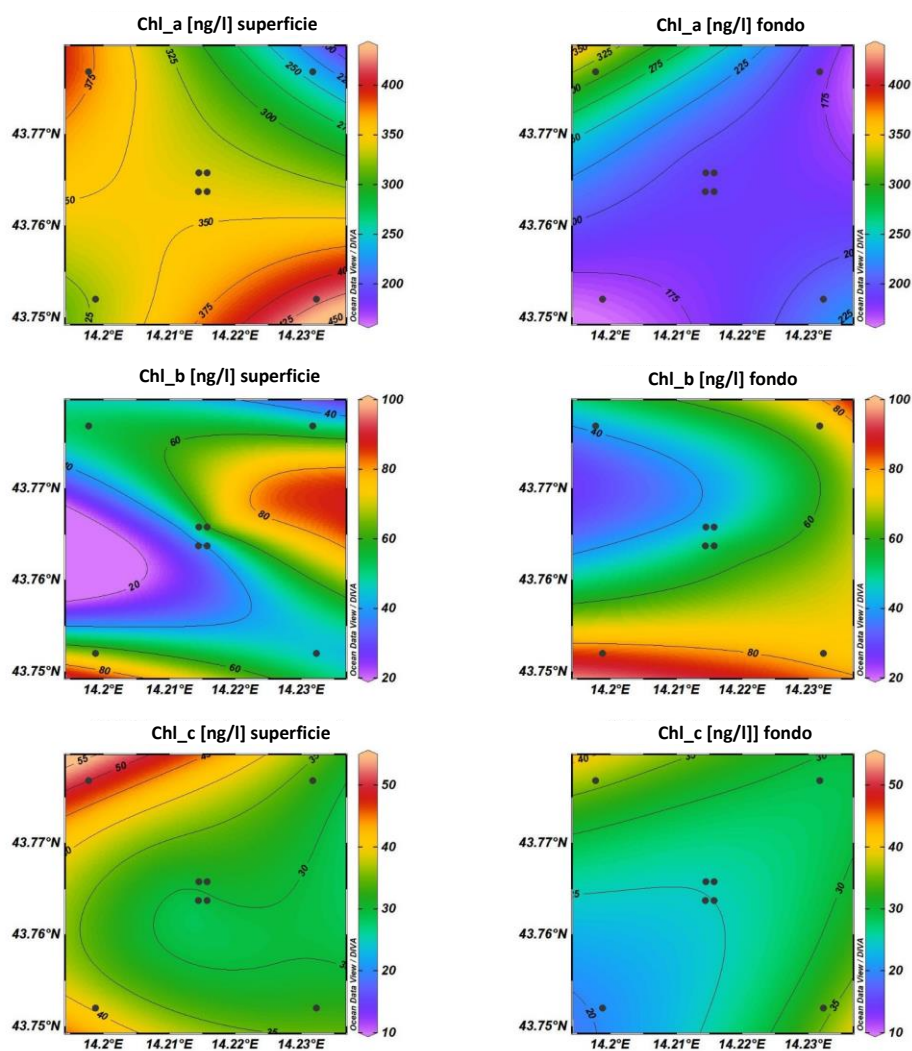


Fig. 3.14 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Novembre 2018.**

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

Gli **Idrocarburi totali**, gli **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)**, gli **Idrocarburi Alifatici (IA)** e i **BTEX** sono risultati ovunque al di sotto dei limiti di rilevabilità strumentale in entrambi i survey (Tabb. 3-I e 3-II).

Tab. 3-I - Concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) di Idrocarburi totali, IA e IPA registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti nell'ottobre e nel novembre 2018.

Stazione	Ottobre 2018			Novembre 2018		
	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)
E1 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E1 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E1 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E1 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E2 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E2 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E2 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E2 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E3 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E3 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E3 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E3 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E4 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E4 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E4 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E4 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E5 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E5 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E5 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E5 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E6 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E6 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E6 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E6 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E7 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E7 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E7 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E7 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E8 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E8 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E8 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
E8 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01

Tab. 3-II - Microinquinanti organici (BTEX; µg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti nell'ottobre e nel novembre 2018.

Stazione	Ottobre 2018					Novembre 2018				
	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene
E1 sup	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E1 20 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E1 40 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E1 fondo	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E2 sup	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E2 20 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E2 40 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E2 fondo	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E3 sup	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E3 20 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E3 40 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E3 fondo	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E4 sup	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E4 20 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E4 40 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E4 fondo	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E5 sup	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E5 20 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E5 40 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E5 fondo	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E6 sup	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E6 20 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E6 40 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E6 fondo	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E7 sup	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E7 20 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E7 40 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E7 fondo	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E8 sup	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E8 20 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E8 40 m	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1
E8 fondo	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il Glicole etilenico è risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale in entrambi i monitoraggi (Tab. 3-III).

Tab. 3-III - Concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) di Glicole etilenico registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti nell'ottobre e nel novembre 2018.

Stazione	Ottobre 2018	Novembre 2018
E1 sup	< 10	< 10
E1 20 m	< 10	< 10
E1 40 m	< 10	< 10
E1 fondo	< 10	< 10
E2 sup	< 10	< 10
E2 20 m	< 10	< 10
E2 40 m	< 10	< 10
E2 fondo	< 10	< 10
E3 sup	< 10	< 10
E3 20 m	< 10	< 10
E3 40 m	< 10	< 10
E3 fondo	< 10	< 10
E4 sup	< 10	< 10
E4 20 m	< 10	< 10
E4 40 m	< 10	< 10
E4 fondo	< 10	< 10
E5 sup	< 10	< 10
E5 20 m	< 10	< 10
E5 40 m	< 10	< 10
E5 fondo	< 10	< 10
E6 sup	< 10	< 10
E6 20 m	< 10	< 10
E6 40 m	< 10	< 10
E6 fondo	< 10	< 10
E7 sup	< 10	< 10
E7 20 m	< 10	< 10
E7 40 m	< 10	< 10
E7 fondo	< 10	< 10
E8 sup	< 10	< 10
E8 20 m	< 10	< 10
E8 40 m	< 10	< 10
E8 fondo	< 10	< 10

3.1.6. METALLI PESANTI

Nell'ottobre2018 (Tab. 3-IV) **cadmio, ferro, rame, mercurio, nichel, piombo e indio** sono stati caratterizzati, ad eccezione di pochissimi campioni, da concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità. Anche quasi l'80% dei tenori relativi all'**alluminio** e allo **zinco** sono risultati al di sotto del proprio limite di rilevabilità. Il **romo**, viceversa, è stato rilevato in oltre il 60% dei campioni, prevalentemente raccolti nelle stazioni più vicine alla piattaforma. In ogni caso, le concentrazioni misurate sono sempre state molto basse raggiungendo il loro massimo alla quota 20 m della stazione E1 ($0,34 \mu\text{g l}^{-1}$).

L'**arsenico**, il **bario**, il **vanadio** e il **silicio** sono stati rilevati praticamente ovunque e hanno evidenziato la minore variabilità delle concentrazioni nella distribuzione sia orizzontale che verticale, anche se bario e silicio hanno raggiunto le maggiori concentrazioni sempre alle quote di fondo. I rispettivi massimi di questi due elementi sono stati misurati nelle stazioni E3 ($8,49 \mu\text{g l}^{-1}$) ed E1 ($0,26 \text{ mg l}^{-1}$). L'**arsenico** e il **vanadio** sono senza dubbio i due elementi meno variabili (CV medio di circa il 6%). I rispettivi massimi sono stati registrati alla quota 40 m della E1 ($1,98 \mu\text{g l}^{-1}$) e a quella dei 20 m in corrispondenza della E6 ($1,53 \mu\text{g l}^{-1}$).

A **novembre** la situazione è apparsa molto simile a quella di ottobre per molte delle specie chimiche considerate. Infatti, **cadmio**, **indio**, **mercurio**, **ferro**, **piombo**, **rame** e **nichel** (fatta eccezione per quest'ultimo per 9 campioni), sono risultati non rilevabili. Il **cromo** ha evidenziato anch'esso valori spesso sotto i rispettivi limiti (circa il 40% dei campioni) e, a differenza della precedente crociera, la distribuzione delle sue concentrazioni è risultata più omogenea. Non è stata evidenziata infatti alcuna differenza degna di nota tra le stazioni lontane e quelle vicine alla piattaforma. Il massimo è stato raggiunto a quota 40 m della stazione E1 ($0,25 \mu\text{g l}^{-1}$). L'**alluminio** e lo **zinco** hanno evidenziato la consueta alta variabilità delle concentrazioni (CV medio $>75\%$), senza un particolare andamento rispetto alla profondità. Lo zinco, tuttavia, ha evidenziato un aumento significativo del numero di campioni con concentrazioni rilevabili. I massimi rispettivamente di alluminio e zinco sono stati misurati alla quota 20 m della E1 ($4,99 \mu\text{g l}^{-1}$) e della E2 ($25,5 \mu\text{g l}^{-1}$). Situazione del tutto simile alla precedente per **arsenico**, **bario**, **vanadio** e **silicio**, sia per quanto concerne le concentrazioni medie, sia per gli andamenti spaziali evidenziati. Tali specie chimiche sono risultate infatti sempre rilevabili e con coefficienti di variabilità molto bassi (media inferiore al 10%). Nessun elemento dei suddetti ha mostrato, inoltre, particolari trend nella distribuzione delle concentrazioni, eccezion fatta per il silicio che, come spesso è stato evidenziato, ha raggiunto le concentrazioni massime sempre alle quote di fondo. L'**arsenico** ha mostrato il massimo valore a quota 20 m della stazione E1 ($2,11 \mu\text{g l}^{-1}$), il bario al fondo della stazione E5 ($7,66 \mu\text{g l}^{-1}$), il vanadio in superficie della stazione E7 ($1,42 \text{ mg l}^{-1}$) e il silicio infine, al fondo della E5 ($0,23 \mu\text{g l}^{-1}$).

Tab. 3-IV – Metalli pesanti ($\mu\text{g/l}$; silicio espresso in mg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti nell'ottobre e nel novembre 2018.

Ottobre 2018														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
E1 sup	1,37	1,67	7,26	< 0,1	0,27	< 5	< 0,1	0,23	< 0,1	0,19	1,24	11,16	< 0,1	0,11
E1 20 m	3,41	1,62	7,43	< 0,1	0,34	< 5	< 0,1	0,36	< 0,1	0,12	1,26	37,00	< 0,1	0,13
E1 40 m	< 0,1	1,98	7,70	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,36	< 0,1	< 0,1	0,16
E1 fondo	< 0,1	1,64	8,28	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,31	< 0,1	< 0,1	0,26
E2 sup	5,18	1,59	7,23	< 0,1	0,29	< 5	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1	1,38	29,23	< 0,1	0,15
E2 20 m	1,25	1,71	7,38	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,38	< 0,1	< 0,1	0,15
E2 40 m	< 0,1	1,42	7,69	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,37	< 0,1	< 0,1	0,18
E2 fondo	0,65	1,79	7,93	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13	1,32	< 0,1	< 0,1	0,25
E3 sup	0,27	1,58	7,13	< 0,1	0,21	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,33	< 0,1	< 0,1	0,15
E3 20 m	< 0,1	1,70	7,48	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,29	< 0,1	< 0,1	0,15
E3 40 m	0,21	1,48	7,54	< 0,1	0,18	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,35	1,15	< 0,1	0,15
E3 fondo	< 0,1	1,73	8,49	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,33	< 0,1	< 0,1	0,21
E4 sup	< 0,1	1,54	7,16	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	0,18	< 0,1	< 0,1	1,28	< 0,1	< 0,1	0,13
E4 20 m	< 0,1	1,54	7,35	< 0,1	0,29	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,38	< 0,1	< 0,1	0,14
E4 40 m	< 0,1	1,92	7,52	< 0,1	0,20	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,51	< 0,1	< 0,1	0,13
E4 fondo	0,21	1,61	8,00	< 0,1	0,19	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,32	< 0,1	< 0,1	0,22
E5 sup	< 0,1	1,68	7,20	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,27	< 0,1	< 0,1	0,11
E5 20 m	< 0,1	1,77	7,20	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,38	4,61	< 0,1	0,14
E5 40 m	< 0,1	1,74	7,52	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,43	< 0,1	< 0,1	0,13
E5 fondo	< 0,1	1,58	8,06	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,37	< 0,1	< 0,1	0,18
E6 sup	< 0,1	1,48	8,06	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,35	< 0,1	< 0,1	0,10
E6 20 m	< 0,1	1,54	7,21	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,53	< 0,1	< 0,1	< 0,1
E6 40 m	1,79	1,74	7,26	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,37	< 0,1	< 0,1	0,13
E6 fondo	< 0,1	1,59	8,05	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,38	< 0,1	< 0,1	0,20
E7 sup	< 0,1	1,71	7,22	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,11	1,33	< 0,1	< 0,1	0,11
E7 20 m	< 0,1	1,65	7,28	< 0,1	0,14	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,46	< 0,1	< 0,1	0,11
E7 40 m	< 0,1	1,63	7,44	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,36	< 0,1	< 0,1	0,13
E7 fondo	< 0,1	1,59	7,92	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,33	< 0,1	< 0,1	0,20
E8 sup	< 0,1	1,47	7,24	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,14	1,43	< 0,1	< 0,1	0,11
E8 20 m	< 0,1	1,68	7,38	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,39	38,41	< 0,1	0,11
E8 40 m	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,14
E8 fondo	< 0,1	1,60	8,18	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,14	< 0,1	< 0,1	1,37	< 0,1	< 0,1	0,19

Tab. 3-IV – Continuo.

Novembre 2018														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
E1 sup	2,02	1,71	7,27	< 0,1	0,21	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,04	4,97	< 0,1	2,02
E1 20 m	4,99	2,11	7,24	< 0,1	0,17	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,98	0,86	< 0,1	4,99
E1 40 m	3,88	1,89	7,19	< 0,1	0,25	< 5	< 0,1	0,12	< 0,1	< 0,1	1,07	12,53	< 0,1	3,88
E1 fondo	4,74	1,61	7,22	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	0,26	< 0,1	0,12	1,00	9,14	< 0,1	4,74
E2 sup	2,87	1,44	7,51	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	1,11	5,48	< 0,1	2,87
E2 20 m	4,73	1,62	7,26	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,15	25,52	< 0,1	4,73
E2 40 m	2,84	1,83	7,08	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,09	1,33	< 0,1	2,84
E2 fondo	1,65	1,77	7,07	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,08	< 0,1	< 0,1	1,65
E3 sup	1,14	1,58	7,33	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,96	2,71	< 0,1	1,14
E3 20 m	1,00	1,78	7,26	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,05	< 0,1	< 0,1	1,00
E3 40 m	3,78	1,78	7,33	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	0,15	< 0,1	< 0,1	1,02	< 0,1	< 0,1	3,78
E3 fondo	1,10	2,06	7,39	< 0,1	0,10	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,98	< 0,1	< 0,1	1,10
E4 sup	2,87	1,62	7,26	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,10	1,66	< 0,1	2,87
E4 20 m	4,45	1,91	7,33	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,06	10,37	< 0,1	4,45
E4 40 m	2,80	1,69	7,22	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,12	7,69	< 0,1	2,80
E4 fondo	1,88	1,76	7,43	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,17	< 0,1	< 0,1	1,22	0,69	< 0,1	1,88
E5 sup	3,94	2,01	7,58	< 0,1	0,24	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,16	1,39	< 0,1	3,94
E5 20 m	3,51	2,00	7,30	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,09	3,30	< 0,1	3,51
E5 40 m	2,68	1,77	7,06	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,09	3,95	< 0,1	2,68
E5 fondo	3,30	1,80	7,66	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,14	< 0,1	< 0,1	3,30
E6 sup	2,72	1,66	7,42	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,16	< 0,1	< 0,1	1,11	7,38	< 0,1	2,72
E6 20 m	3,14	1,58	7,31	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	0,15	< 0,1	< 0,1	1,14	< 0,1	< 0,1	3,14
E6 40 m	4,93	1,58	7,22	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,19	3,59	< 0,1	4,93
E6 fondo	2,73	1,83	7,28	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,09	< 0,1	< 0,1	2,73
E7 sup	< 0,1	1,80	7,18	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,42	4,70	< 0,1	< 0,1
E7 20 m	0,69	1,83	7,47	< 0,1	0,13	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,22	9,71	< 0,1	0,69
E7 40 m	1,57	1,69	7,33	< 0,1	0,11	< 5	< 0,1	0,14	< 0,1	< 0,1	1,25	0,63	< 0,1	1,57
E7 fondo	1,45	1,80	7,38	< 0,1	0,15	< 5	< 0,1	0,14	< 0,1	< 0,1	1,38	< 0,1	< 0,1	1,45
E8 sup	< 0,1	1,53	7,31	< 0,1	0,16	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,25	< 0,1	< 0,1	< 0,1
E8 20 m	1,30	1,94	7,31	< 0,1	0,12	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,15	5,39	< 0,1	1,30
E8 40 m	2,08	2,00	7,39	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,23	0,98	< 0,1	2,08
E8 fondo	< 0,1	1,75	7,04	< 0,1	0,10	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,27	0,77	< 0,1	< 0,1

3.1.7. CONSIDERAZIONI E ANALISI DEI DATI SUL CICLO ANNUALE

3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

In questo capitolo vengono analizzati i risultati dei monitoraggi effettuati nell'area della piattaforma Elettra nel 2018 durante le campagne condotte a maggio (ENI1_2018), ottobre (ENI3_2018), novembre (ENI4_2018).

La temperatura nello strato superficiale è variata da un minimo di 18,9°C a novembre di novembre fino a un massimo di 24,0°C registrato nel mese di maggio.

La salinità, sempre in superficie, è variata da 37,4 a 38,6 psu con i minimi in maggio e i massimi a novembre.

La variabilità delle condizioni termo-aline al fondo è risultata più contenuta, con temperature comprese nel range 11,4-16,1°C e salinità tra 38,6 a 38,8 psu.

La concentrazione di materiale sospeso ha mostrato in generale una tendenza ad aumentare verso il fondo in tutte le situazioni, ma in modo particolarmente evidente in ottobre. Per l'ossigeno disciolto il massimo assoluto si è registrato a ottobre, ma mediamente il mese di novembre è stato caratterizzato da valori elevati della percentuale di saturazione, mentre i minimi sono stati misurati a ottobre verso il fondo. Tuttavia, non sono mai stati evidenziati periodi di anossia o ipossia.

L'attività fotosintetica, rilevata con la misura della fluorescenza *in situ*, è risultata massima nello strato intermedio della colonna d'acqua nei mesi di maggio e ottobre, con qualche picco di concentrazione entro i 20 m a novembre.

Le concentrazioni sia minima che massima di clorofilla *a* sono state misurate a maggio. La clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) ha avuto un massimo in ottobre, mentre i massimi di abbondanza delle diatomee, come evidenziato dai valori di Chl *c*, sono stati osservati in maggio, periodo in cui si sviluppano generalmente le fioriture di questo gruppo, confermando quanto descritto per l'Adriatico centrale da Totti *et al.* (2000).

3.1.7.2 Inquinanti inorganici e organici

Anche per quanto riguarda gli inquinanti inorganici ed organici, le osservazioni effettuate nel 2° semestre 2018 (ENI3 ed ENI4) sono state confrontate con i risultati ottenuti nel monitoraggio del 1° semestre 2018 (ENI1).

Data la scarsità di dati al di sopra del limite di rilevabilità, nessun composto organico è stato incluso in questa analisi. Dal confronto delle altre specie chimiche si sono rilevate

alcune differenze significative tra i due periodi analizzati. Più nello specifico, praticamente tutti gli elementi considerati hanno mostrato una diminuzione delle concentrazioni medie tra maggio e il successivo semestre. Uniche eccezioni a questo andamento hanno riguardato l'arsenico e il silicio, i quali non hanno mostrato alcuna differenza in tale confronto.

Dal confronto effettuato distinguendo le medie tra le stazioni di campionamento vicino alla piattaforma e quelle di controllo è stata riscontrata un'unica differenza riguardante lo zinco che, in ottobre, è apparso leggermente più abbondante nelle stazioni vicine alla piattaforma. Tale aumento, tuttavia, rientra nei range considerati naturali per questo elemento.

Anche l'analisi dei dati ottenuta scorrendo ed evidenziando dai dati generali quelli per le quote specifiche, non ha evidenziato differenze tra le diverse profondità di campionamento, mettendo in luce una diffusa omogeneità anche nella colonna d'acqua in tutto il periodo considerato.

Esaminati infine gli analoghi trend generali evidenziati da alcuni parametri idrologici, le differenze riscontrate potrebbero essere imputate ad una naturale e complessiva variabilità, anche stagionale, della zona. Inoltre, non sono apparsi distinguibili particolari andamenti delle concentrazioni per alcuna specie chimica considerata in relazione alla profondità, fatta eccezione, come già esplicitato, per il silicio e il bario. L'aumento della concentrazione nei campioni di fondo di questi elementi rispetto alle altre quote intermedie, è probabilmente da mettere in relazione a fenomeni di risospensione evidenziati altresì anche dal netto aumento a questa quota del carico solido sospeso.

Alla luce di tutte le considerazioni effettuate non sono stati evidenziati effetti sui parametri analizzati in relazione all'attività della piattaforma Elettra, e, come già sottolineato per i parametri idrologici, talune differenze osservate in alcuni survey, sono probabilmente da imputare alla variabilità delle condizioni idrologiche e meteorologiche della zona.

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione relativo al 2° semestre 2018 denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione (fig. 3.15). Infatti non sono avvenuti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. La variazione di pressione che si nota nel mese di ottobre è dovuta al recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.

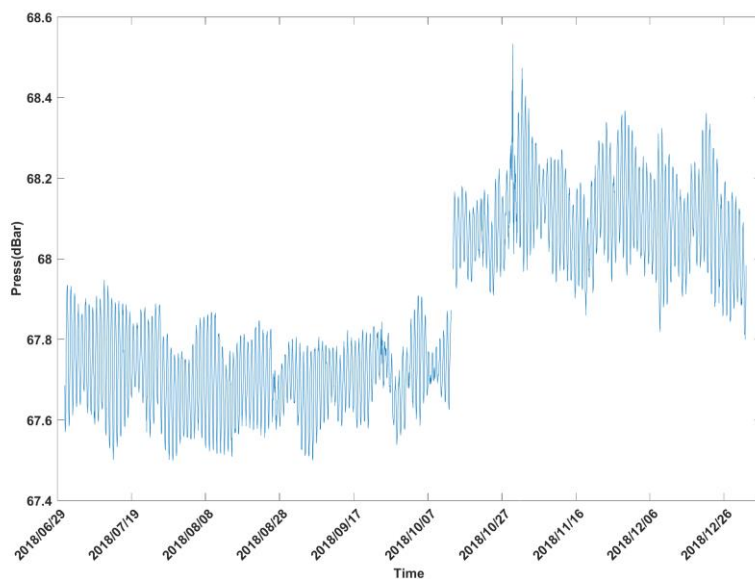


Fig. 3.15 - Pressione misurata dall'ADCP presso Elettra nel 2° semestre 2018.

Per quanto concerne la misura delle correnti (figg. 3.16 – 3.18), tra i mesi di luglio e agosto la direzione della corrente è stata prevalentemente settentrionale con sporadiche rotazioni verso Sud e velocità intorno a 0,1 m/s. A settembre la direzione prevalente è stata verso Sud, con rotazione verso Nord solo negli ultimi giorni del mese. Ottobre è stato caratterizzato da un andamento della corrente essenzialmente settentrionale, con una rotazione verso Sud durante gli ultimi giorni. A novembre il flusso della corrente è stato molto omogeneo; la direzione è stata Sud-Ovest lungo tutta la colonna d'acqua, con picchi di velocità fino a 0,2 m/s. In fine, nel mese di dicembre la direzione prevalente è stata meridionale con rapide rotazioni verso Nord e velocità non superiori a 0,1 m/s.

L'andamento della temperatura rilevata dal correntometro (fig. 3.19) è risultato compreso tra i 12°C e i 14°C da luglio ad ottobre. A novembre è stato registrato un incremento che ha portato, in dicembre a temperature di circa 19°C, le quali si sono stabilizzate intorno a 16°C a fine periodo.

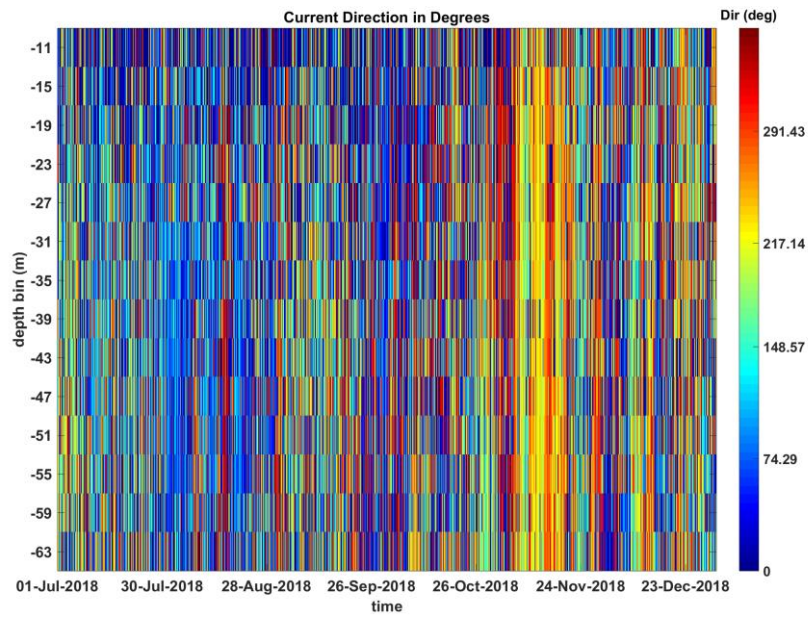


Fig. 3.16 - Contour Plot della direzione delle correnti lungo la colonna d'acqua registrate dal correntometro Teledyne WH 600 Kh dal 01/07/2018 al 31/12/2018.

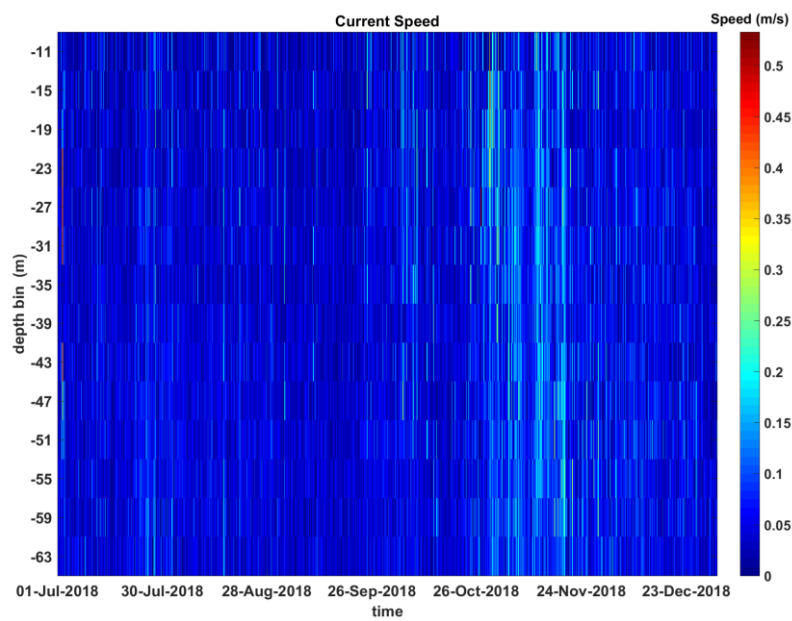
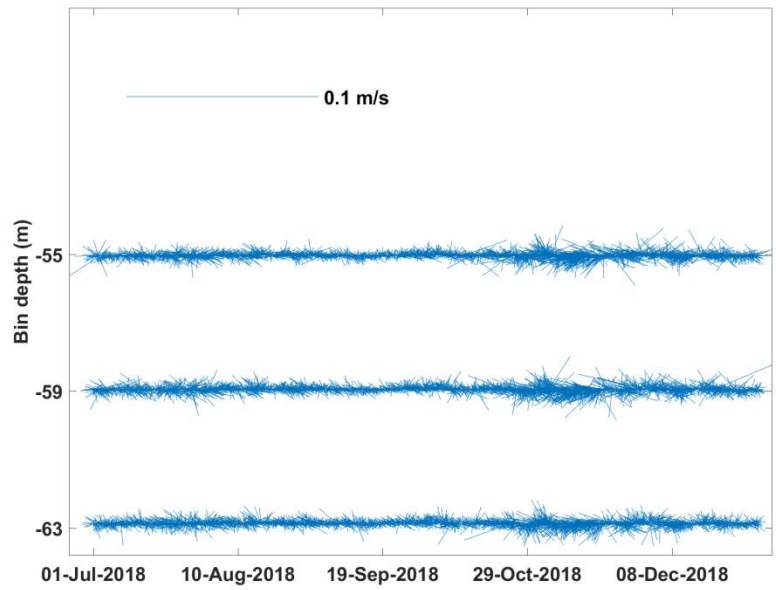
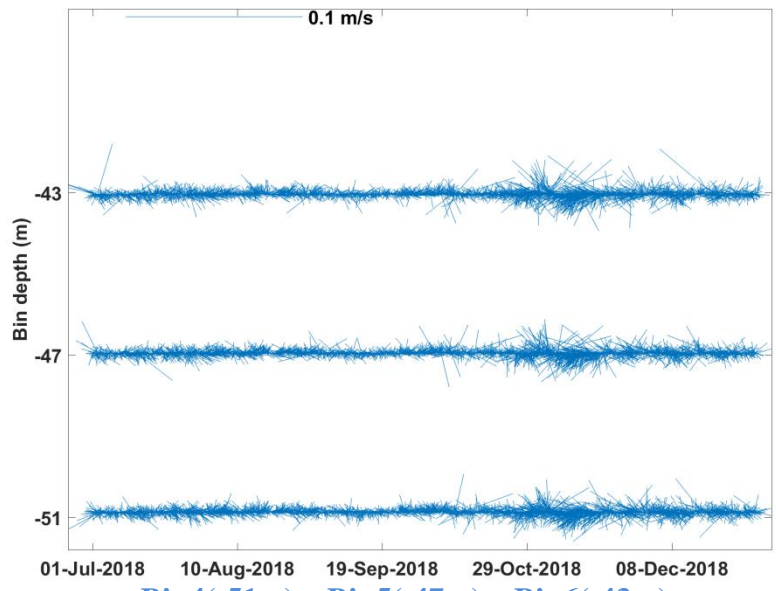


Fig. 3.17 - Contour Plot della velocità delle correnti lungo la colonna d'acqua registrate dal correntometro Teledyne WH 600 Kh dal 01/07/2018 al 31/12/2018.



Bin1(-63m) – Bin2(-59m) – Bin3(-55m)



Bin4(-51m) – Bin5(-47m) – Bin6(-43m)

Fig. 3.18 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua registrate dal correntometro Teledyne WH 600 Kh dal 01/07/2018 al 31/12/2018.

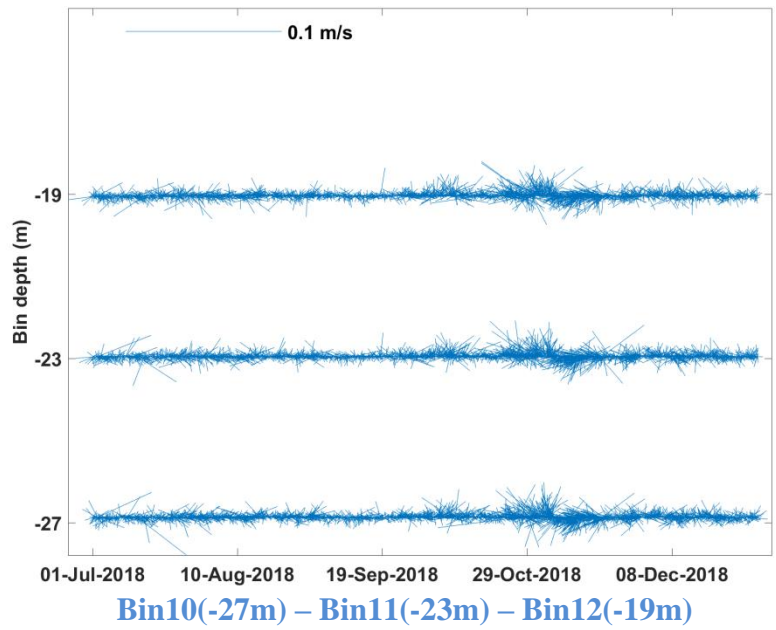
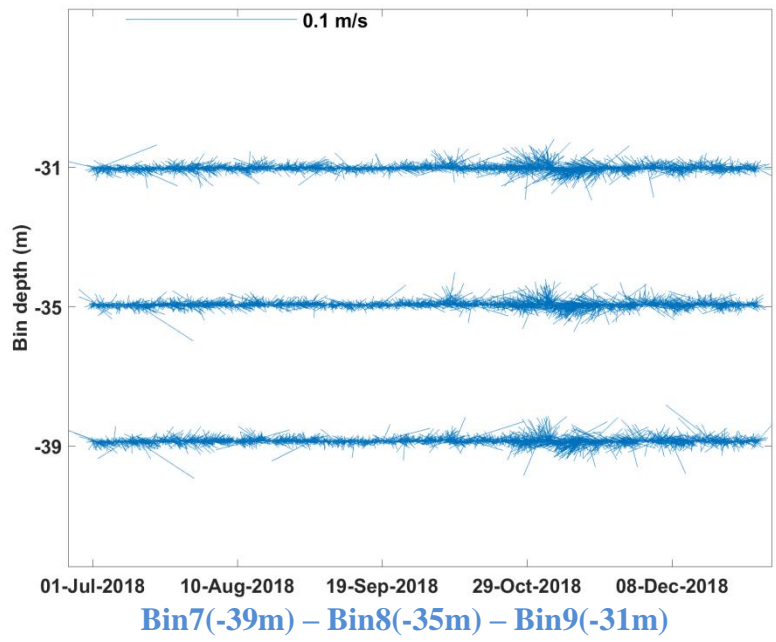


Fig. 3.18 - Continuo.

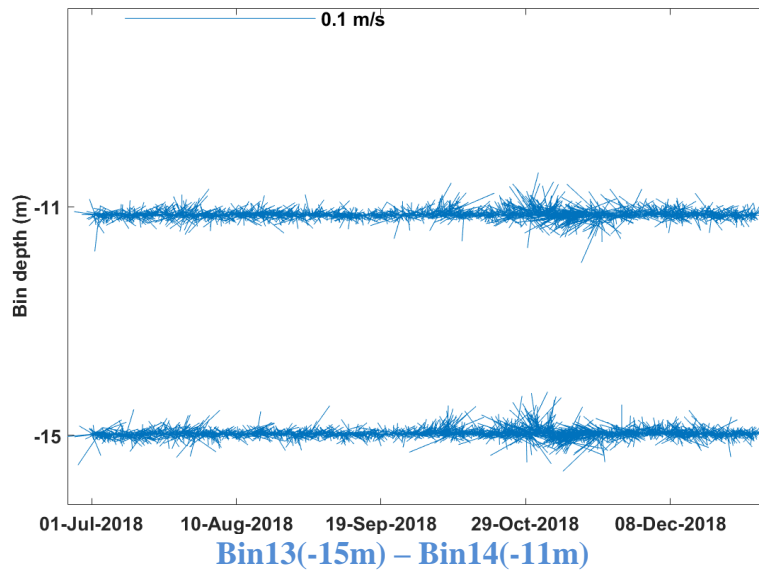


Fig. 3.18 - Continuo.

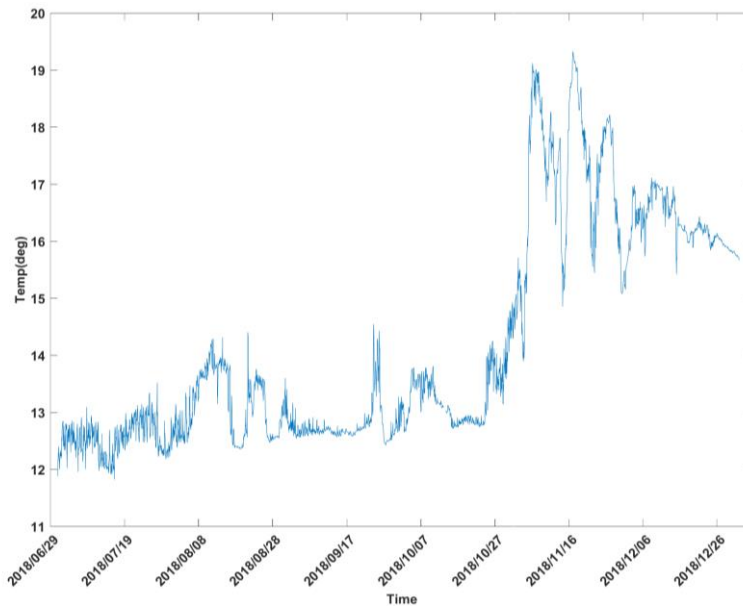


Fig. 3.19 - Andamento della temperatura registrata dal correntometro Teledyne WH 600 Kh dal 01/07/2018 al 31/12/2018.

3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.3.1. GRANULOMETRIA

In Tab. 3-V sono riportati i valori medi (\pm dev.st) di pH ed Eh derivati da tre misurazioni per ogni campione di sedimento analizzato nell'estate 2018.

Tab. 3-V - Valori medi (\pm dev.st.) del pH e dell'Eh (mV) misurati nei campioni dei sedimenti prelevati nel 9° survey post lavori di Elettra. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

	pH	eH
A1	7,52 \pm 0,03	-142,17 \pm 73,52
A2	7,40 \pm 0,02	-137,83 \pm 6,45
A3	7,50 \pm 0,04	-139,63 \pm 24,02
A4	7,48 \pm 0,02	-182,53 \pm 72,76
EL NW	7,52 \pm 0,03	-279,07 \pm 17,82
EL SE	7,60 \pm 0,04	-168,83 \pm 35,64
A5	7,53 \pm 0,02	-180,07 \pm 15,78
A6	7,53 \pm 0,02	-144,57 \pm 44,89
A7	7,53 \pm 0,04	-114,10 \pm 20,64
A8	7,48 \pm 0,02	-90,50 \pm 19,97
B1	7,50 \pm 0,05	-125,27 \pm 14,93
B2	7,39 \pm 0,01	-92,93 \pm 24,59
B3	7,48 \pm 0,03	-120,23 \pm 7,41
B4	7,51 \pm 0,02	-129,43 \pm 1,40
EL NE	7,54 \pm 0,01	-134,80 \pm 22,27
EL SW	7,36 \pm 0,02	-99,57 \pm 7,26
B5	7,37 \pm 0,02	-105,83 \pm 2,47
B6	7,26 \pm 0,02	-86,91 \pm 18,37
B7	7,30 \pm 0,02	-87,10 \pm 15,03
B8	7,35 \pm 0,02	-83,73 \pm 18,73
K1	7,42 \pm 0,02	-107,17 \pm 5,74
K2	7,47 \pm 0,01	-94,20 \pm 24,41
K3	7,51 \pm 0,05	-77,27 \pm 38,34
K4	7,44 \pm 0,04	-54,70 \pm 15,19

All'analisi visiva tutti i sedimenti campionati nell'estate 2018 sono apparsi di colore nocciola. Al tatto essi risultavano dominati dalla frazione sabbiosa con uno strato superficiale ossidato di colore marrone. Abbondante biodetrito conchigliare è stato osservato unicamente in EL SE, sebbene, in piccola parte, fosse presente anche in altri siti. L'analisi granulometrica ha confermato la prevalenza della sabbia, variabile tra il 34,86% (K2) e il 78,69% (A5), con percentuali medie simili tra i vari gruppi di siti (\pm dev.st.; A: 67,54 \pm 9,24; B: 61,38 \pm 8,30; EL: 62,98 \pm 5,97; K: 49,91 \pm 11,71%). Il contenuto maggiore di sabbia è stato rilevato nelle stazioni A5 e A6 che sono state classificate come Sabbia secondo Shepard (Tab. 3-V e fig. 3.20). Quattro siti sono stati invece classificati come Sabbia argillosa e 5 come Loam; le restanti stazioni sono state classificate come Sabbia siltosa.

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d) le variazioni non sono state univoche, né nell'area circostante la piattaforma, né ai controlli. Comunque, non si rilevano trend relazionabili alla presenza della piattaforma.

Tab. 3-VI - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nell'estate 2018 (9° survey post lavori di installazione). Le stazioni di campionamento poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso.

	Sabbia	Pelite		Shepard
		Silt	Argilla	
A1	54,09	22,28	23,63	Loam
A2	55,68	21,80	22,53	Loam
A3	74,71	12,45	12,83	Sabbia argillosa
A4	68,68	16,06	15,27	Sabbia siltosa
EL NW	71,25	16,17	12,58	Sabbia siltosa
EL SE	58,35	24,45	17,20	Sabbia siltosa
A5	76,68	11,07	12,25	Sabbia
A6	78,69	10,76	10,55	Sabbia
A7	63,65	23,21	13,14	Sabbia siltosa
A8	68,13	12,59	19,28	Sabbia argillosa
B1	61,33	17,07	21,60	Sabbia argillosa
B2	63,20	15,51	21,29	Sabbia argillosa
B3	73,44	15,97	10,59	Sabbia siltosa
B4	48,60	34,43	16,96	Sabbia siltosa
EL NE	58,87	27,74	13,39	Sabbia siltosa
EL SW	63,47	26,41	10,12	Sabbia siltosa
B5	66,60	19,78	13,63	Sabbia siltosa
B6	64,41	25,06	10,53	Sabbia siltosa
B7	63,42	23,00	13,58	Sabbia siltosa
B8	50,02	29,73	20,25	Loam
K1	63,46	21,54	15,00	Sabbia siltosa
K2	34,86	37,29	27,85	Loam
K3	50,76	35,12	14,12	Sabbia siltosa
K4	50,55	25,35	24,09	Loam

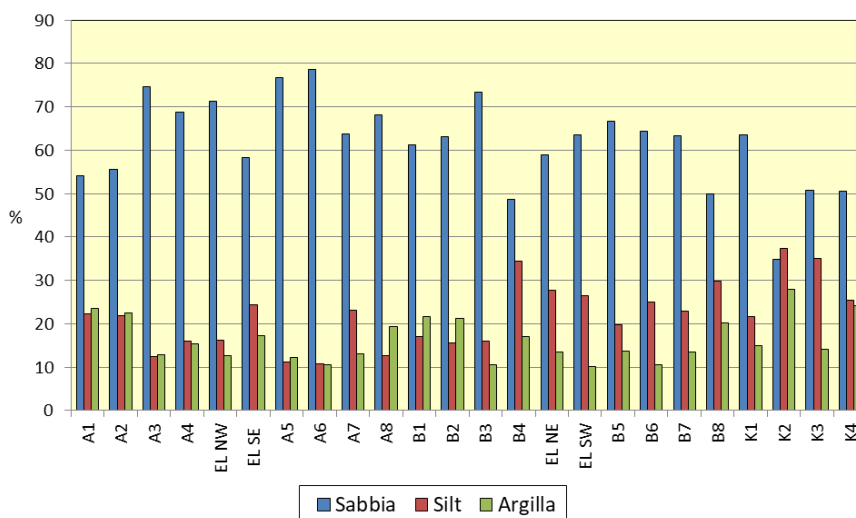


Fig. 3.20 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'estate 2018.

3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

L'area in cui è installata Elettra è caratterizzata da bassi valori di IPA, come emerso dall'indagine svolta prima della realizzazione della piattaforma (Fabi *et al.*, 2019d). Nell'estate 2018 è stata confermata la scarsissima presenza di questi contaminanti (fig. 3.21 e Tab. 3-VII). Infatti, dei 16 IPA ricercati solo 5 sono risultati rilevabili ma sempre in basse concentrazioni e in un numero limitato di stazioni, sempre inclusi 1 o 2 controlli. E' assolutamente confermato che la piattaforma Elettra non influenza la distribuzione di questi idrocarburi nei sedimenti circostanti. Infatti, anche il massimo stagionale raggiunto in EL SW (13 µg/kg), simile al tenore in A1 (12 µg/kg), è quasi 70 volte inferiore al Livello Chimico di Base riportato in ICRAM-APAT (2007) e nel DM 173/2016 (900 µg/kg) e pari a oltre la metà della concentrazione registrata in EL SW prima dell'installazione di Elettra (27 µg/kg; Fabi *et al.*, 2019d).

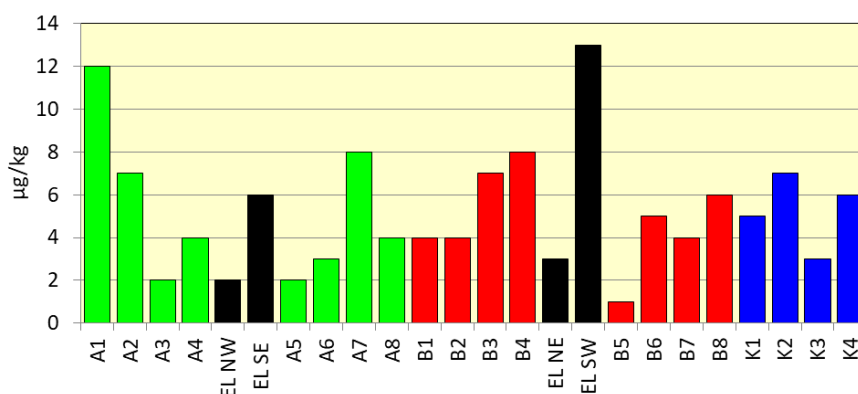


Fig. 3.21 - Concentrazioni (µg/kg s.s.) degli Idrocarburi Policiclici Aromatici totali nei sedimenti prelevati nell'9° monitoraggio post installazione di Elettra. In nero sono indicate le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

Tab. 3-VII - Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) degli Idrocarburi Policiclici Aromatici nei sedimenti prelevati nell'estate 2018. Le stazioni poste in corrispondenza della struttura sono evidenziate in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB e i valori chimici cautelativi per le sostanze Pericolose Prioritarie (PP) indicati da ICRAM-APAT (2007) e nel DM 173/2016. lq = limite di rilevabilità strumentale.

LCB/ PP	9° survey post lavori (estate 2018)																								
	A1	A2	A3	A4	EL NW	EL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	EL NE	EL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
Acenaftene	7	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Acenaftilene		< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Antracene	47	< lq	2	< lq	2	< lq	2	< lq	< lq	2	< lq	< lq	2	< lq	2	2	< lq	2	2	< lq	2	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (a) antracene	75	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (a) pirene	80	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Benzo (b) fluorantene	40	4	< lq	< lq	< lq	2	< lq	< lq	2	< lq	< lq	< lq	< lq	2	< lq	2	< lq	< lq	< lq	< lq	2	< lq	< lq	2	
Benzo (g, h,i) perilene	55	3	2	< lq	2	< lq	2	< lq	2	< lq	2	2	2	2	1	2	1	< lq	2	< lq	1	2	< lq	2	
Benzo (k) fluorantene	20	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Crisene	108	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Dibenzo (a, h) antracene	6	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fenantrene	87	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fluorantene	113	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Fluorene	21	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Indeno1,2,3cd pirene	70	5	< lq	2	< lq	< lq	< lq	< lq	2	< lq	2	< lq	< lq	2	< lq	2	< lq	2	< lq	3	< lq	2	< lq	2	
Naftalene	35	< lq	3	< lq	< lq	< lq	2	< lq	3	< lq	4	< lq	< lq	5	< lq	5	< lq	1	< lq	3	< lq	3	3	< lq	
Pirene	153	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq	< lq
Totale	900	12	7	2	4	2	6	2	3	8	4	4	4	7	8	3	13	1	5	4	6	5	7	3	6

3.3.3. IDROCARBURI TOTALI

Nell'estate 2018 gli idrocarburi leggeri (C<12) sono risultati inferiori al limite di quantificazione analogamente a tutti i monitoraggi precedenti eccetto l'inverno 2017 (Fabi *et al.*, 2019d). Gli idrocarburi pesanti (C>12) sono risultati non rilevabili in molte stazioni dei transetti e in due controlli (Tab. 3-VIII e fig. 3.22). Ove quantificabili le concentrazioni sono apparse piuttosto modeste, notevolmente inferiori a quelle del pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

Tab. 3-VIII – Idrocarburi (mg/kg) C>12 rilevati nei sedimenti campionati nell'estate 2018. In rosso i siti in corrispondenza della piattaforma Elettra.

A1	6
A2	<5
A3	7
A4	6
EL NW	8
EL SE	<5
A5	5
A6	5
A7	<5
A8	<5

B1	5
B2	<5
B3	<5
B4	<5
EL NE	5
EL SW	7
B5	<5
B6	<5
B7	<5
B8	<5

K1	<5
K2	6
K3	<5
K4	5

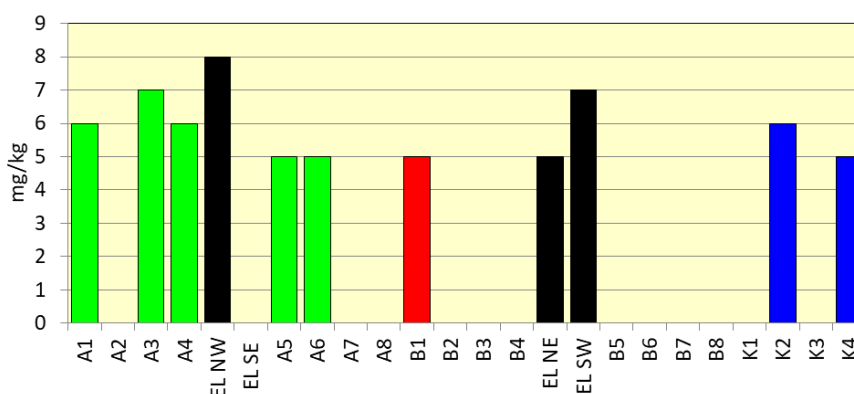


Fig. 3.22 - Concentrazioni degli Idrocarburi pesanti (C>12) nei sedimenti campionati nell'estate 2018.

3.3.4. METALLI PESANTI

In Tab. 3-IX e in fig. 3.23 sono indicate le concentrazioni dei metalli pesanti quantificate nei sedimenti campionati nell'estate 2018. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai livelli chimici nazionali indicati nel DM 173/2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità Ambientale (SQA) riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale

(50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

Alluminio – Le concentrazioni di alluminio sono risultate diffusamente basse, tanto che anche le differenze spaziali non sono degne di nota. Mediamente (\pm dev. st.) non sono state rilevate differenze tra i gruppi di siti (A: $1,01\pm 0,36$; B: $0,87\pm 0,25$; EL: $0,69\pm 0,23$; K: $1,07\pm 0,28\%$). I tenori raggiunti sono risultati inferiori a quelli del pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

Arsenico – L'arsenico è risultato omogeneamente distribuito tra le stazioni (A: $17,90\pm 1,60$; B: $18,24\pm 2,81$; EL: $18,00\pm 5,33$; K: $17,85\pm 1,24$ mg/kg). Tutte le concentrazioni sono risultate superiori all'LCRN eccetto quella rilevata in EL SE, e ovunque, riferimenti inclusi, maggiori rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

Bario – Le concentrazioni di bario sono in generale risultate modeste e comparabili eccetto quelle registrate in B4 (184,25 mg/kg) e FA NE (150,36 mg/kg) rispettivamente pari a 8 e 6,5 volte la media dei riferimenti ($22,98\pm 4,83$ mg/kg). Anche questi tenori sono però modesti in valore assoluto e non sufficienti per testimoniare uno stato di contaminazione dell'area. Tuttavia, indicano un'influenza da parte di Elettra nella distribuzione del metallo.

Cadmio – Le concentrazioni di cadmio determinate nell'estate 2019 sono risultate molto basse, notevolmente inferiori all'LCRN come in tutto il periodo di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2019d), e pertanto le differenze osservate sono da ritenere unicamente legate alla variabilità temporale. Anche il picco registrato in B4 (0,096 mg/kg), pur essendo doppio rispetto alla media dei riferimenti ($0,048\pm 0,005$ mg/kg) è anch'esso molto modesto corrispondendo a 1/3 dell'LCRN.

Cromo – Anche le concentrazioni di cromo sono risultate modeste come in tutti i monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019d), inferiori all'LCRN e a quelle rilevate nel pre-survey. E' stata inoltre riscontrata una certa omogeneità tra i tenori medi relativi ai vari gruppi di siti (A: $34,80\pm 8,02$; B: $31,68\pm 5,66$; EL: $27,36\pm 5,76$; K: $37,16\pm 6,66$ mg/kg).

Rame – Anche il contenuto di rame è apparso diffusamente basso e omogeneo, come si evince dal raffronto delle medie tra gruppi di stazioni (A: $5,81\pm 1,89$; B: $8,27\pm 5,74$; EL: $4,50\pm 1,40$; K: $7,56\pm 1,75$ mg/kg). I valori sono risultati tutti inferiori all'LCRN incluso il picco in B4 che, pertanto, non è da considerare significativo. I tenori relativi all'ultimo monitoraggio sono tutti inferiori rispetto ai corrispondenti del pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

Ferro – Le concentrazioni di ferro sono risultate diffusamente basse e omogenee tra loro anche nell'estate 2018 come precedentemente (Fabi *et al.*, 2019d) e inferiori a quelle del

pre-survey.

Tab. 3-IX - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg; Al e Fe in %) nei sedimenti campionati nell'estate 2018 (9° survey post lavori). In rosso i siti della piattaforma. Sono evidenziati in neretto i tenori maggiori dell'LCRN (mg/kg) indicato nel DM 173/2016.

Metallo	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	In	Hg	Ni	Pb	Si	V	Zn
LCRN		12		0,3	50	40			0,3	30	30			100
A1	1,62	18,12	36,29	0,0476	48,62	8,12	1,72	< 0,02	0,0311	35,84	14,05	77,32	45,03	46,57
A2	1,39	19,30	33,00	0,0510	43,99	8,24	1,67	< 0,02	0,0298	36,66	12,81	52,78	40,79	48,55
A3	0,98	17,77	30,07	0,0452	35,01	6,93	1,40	< 0,02	0,0223	26,22	11,60	49,55	33,74	66,61
A4	1,22	16,70	40,82	0,0547	37,17	5,85	1,42	< 0,02	0,0277	26,99	10,87	66,22	36,58	40,01
EL NW	0,76	20,20	26,03	0,0358	30,86	3,63	1,27	< 0,02	0,0178	22,68	9,20	40,09	30,81	31,29
EL SE	0,97	10,04	18,62	0,0496	33,47	6,54	1,32	< 0,02	0,0252	27,80	7,52	48,15	30,07	36,11
A5	0,82	16,52	25,14	0,0397	29,40	3,65	1,22	< 0,02	0,0134	20,52	10,55	50,86	29,01	31,49
A6	0,76	18,50	25,26	0,0448	29,38	4,17	1,28	< 0,02	0,0133	22,03	10,72	50,84	28,93	32,91
A7	0,64	15,69	23,77	0,0450	26,39	3,56	1,16	< 0,02	0,0136	19,96	10,05	40,72	25,37	29,56
A8	0,69	20,59	18,02	0,0446	28,46	5,94	1,35	< 0,02	0,0159	26,80	12,67	35,88	29,89	35,97
B1	1,05	17,98	24,94	0,0552	36,61	8,12	1,54	< 0,02	0,0219	33,57	12,61	51,89	34,01	44,65
B2	0,80	20,45	22,88	0,0456	31,30	6,54	1,43	< 0,02	0,0185	28,82	12,78	39,95	30,72	39,08
B3	0,49	19,09	18,41	0,0482	22,05	4,37	1,13	< 0,02	0,0135	18,18	11,19	31,75	24,56	29,80
B4	1,18	12,11	184,25	0,0959	34,91	21,51	1,81	< 0,02	0,0320	35,78	11,00	37,06	25,99	54,48
EL NE	0,53	20,48	150,36	0,0445	23,94	4,33	1,22	< 0,02	0,0103	20,09	10,87	30,82	26,22	32,05
EL SW	0,48	21,27	14,55	0,0476	21,17	3,52	1,16	< 0,02	0,0200	19,18	10,16	28,71	24,95	29,17
B5	0,75	21,08	38,77	0,0458	30,71	5,71	1,43	< 0,02	0,0215	24,50	13,96	42,07	32,24	37,58
B6	0,82	19,91	22,42	0,0428	31,57	4,94	1,39	< 0,02	0,0229	25,27	11,61	42,65	32,57	36,04
B7	0,66	18,13	19,08	0,0462	26,36	4,45	1,26	< 0,02	0,0222	23,53	10,91	38,99	28,91	32,03
B8	1,18	17,16	31,25	0,0517	39,90	10,49	1,70	< 0,02	0,0300	38,28	15,42	55,34	34,87	51,75
K1	0,88	19,01	18,40	0,0468	33,34	6,35	1,43	< 0,02	0,0166	28,26	12,90	49,92	31,36	39,52
K2	1,49	17,64	29,20	0,0541	47,12	9,53	1,82	< 0,02	0,0263	38,44	15,67	55,59	42,64	52,08
K3	0,98	16,21	20,04	0,0424	34,36	5,85	1,32	< 0,02	0,0165	25,91	19,55	50,44	31,84	36,52
K4	0,94	18,55	24,29	0,0506	33,81	8,52	1,52	< 0,02	0,0264	31,70	14,41	42,50	30,80	43,11

Indio – L'indio nell'estate 2018 non è stato rilevato confermando i risultati precedenti (Fabi *et al.*, 2019d).

Mercurio – Le concentrazioni di mercurio sono risultate diffusamente basse come in tutti i monitoraggi sinora eseguiti (Fabi *et al.*, 2019d), inferiori di un ordine di grandezza rispetto all'LCRN, e mediamente omogenee (A: 0,021±0,008; B: 0,023±0,006; EL: 0,018±0,006; K: 0,021±0,006 mg/kg).

Nichel – Anche le concentrazioni di nichel sono apparse mediamente omogenee nell'estate 2018 (A: 26,88±6,42; B: 28,49±6,89; EL: 22,44±3,87; K: 31,08±5,45 mg/kg). Sia lungo i transetti che ai controlli alcune di esse sono risultate superiori all'LCRN, ma non in corrispondenza di Elettra. In generale è avvenuto un abbassamento dei tenori rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

Piombo – Anche le concentrazioni di piombo determinate nell'estate 2018 sono risultate molto modeste e inferiori all'LCRN come in tutto il periodo di indagine precedente (Fabi

et al., 2019d). Esse sono inoltre inferiori a quelle rilevate nel pre-survey eccetto in tre controlli.

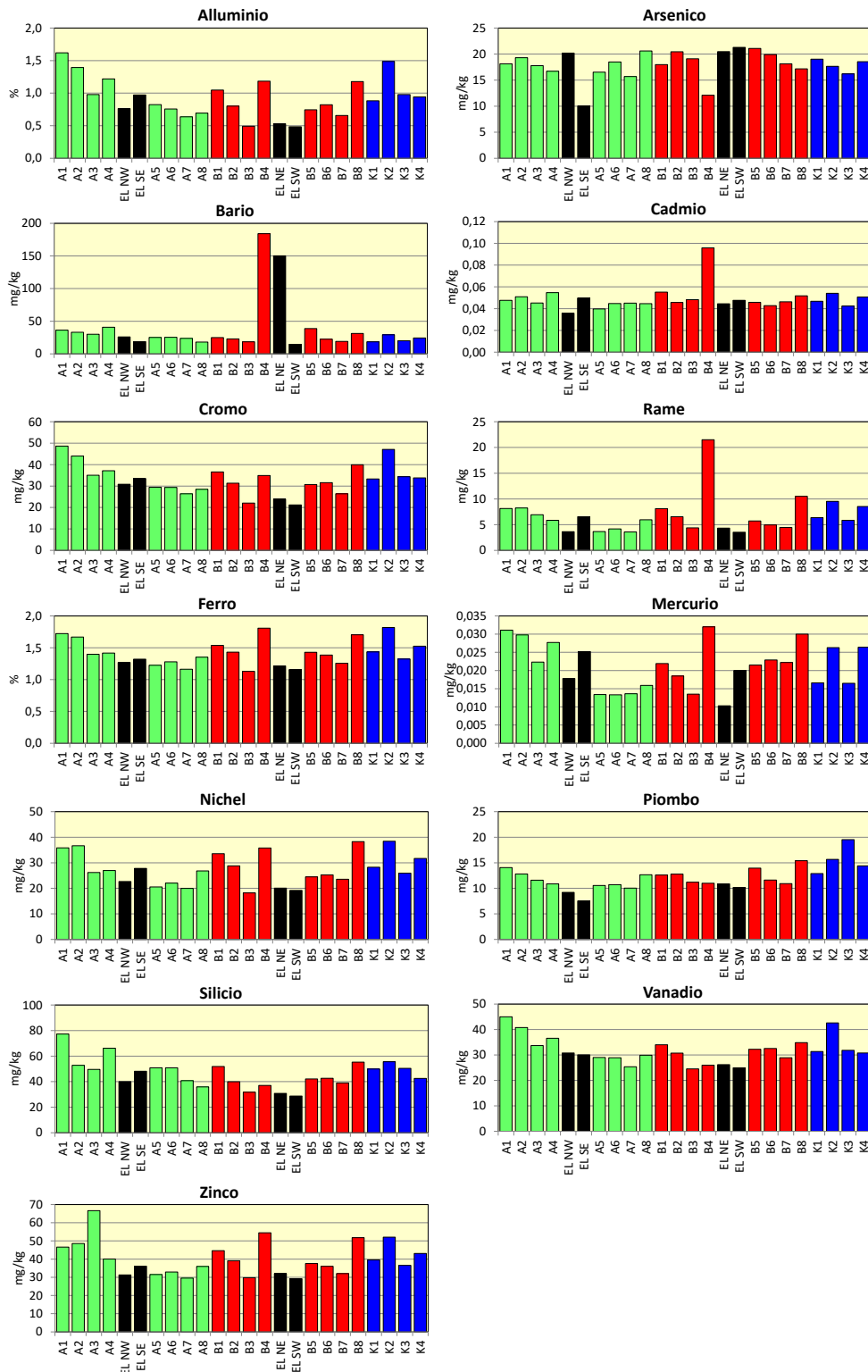


Fig. 3.23 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe espressi in %) dei metalli pesanti registrate nell'estate 2018. In nero le stazioni in corrispondenza della piattaforma. L'indio non è riportato in quanto inferiore al limite di rilevabilità ovunque.

Silicio – Le concentrazioni di silicio rilevate nell'estate 2018 sono oscillate tra 28,71 e 77,32 mg/kg (rispettivamente EL SW e A1), evidenziando pertanto la ben nota variabilità. Rispetto al pre-survey i tenori sono aumentati praticamente ovunque, soprattutto nei controlli K2 e K3 (Fabi *et al.*, 2019d).

Vanadio – Mediamente, il vanadio è risultato omogeneamente distribuito nell'estate 2018 (A: 33,67±6,72; B: 30,48±3,72; EL: 28,01±2,86; K: 34,16±5,67 mg/kg) e le concentrazioni minori sono state rilevate in corrispondenza della piattaforma. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d) è avvenuto un generale abbassamento dei tenori.

Zinco – Analogamente al vanadio, anche lo zinco è risultato mediamente confrontabile tra i vari gruppi di siti (A: 41,46±12,28; B: 40,68±8,91; EL: 32,16±2,91; K: 42,80±6,74 mg/kg) e le concentrazioni tutte ampiamente inferiori all'LCRN. Il massimo raggiunto in A3 (66,61 mg/kg) è corrisposto a solo 1,6 volte la media dei riferimenti. Ovunque le concentrazioni si sono abbassate rispetto al pre-survey eccetto in A3 e nel controllo K2 (Fabi *et al.*, 2019d).

3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

Le concentrazioni di sostanza organica rilevate nell'estate 2018 (Tab. 3-X e fig. 3.24) sono risultate complessivamente confrontabili tra loro (A: 16038±2967; B: 17021±6696; EL: 12084±2033; K: 16695±3092 mg/kg).

Tab. 3-X – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'estate 2018 (9° survey post lavori di installazione). In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma Elettra.

A1	20693	B1	19729	K1	13826
A2	18865	B2	15169	K2	19505
A3	15156	B3	12389	K3	14219
A4	16724	B4	29946	K4	19231
EL NW	12355	EL NE	10464		
EL SE	14856	EL SW	10661		
A5	12905	B5	11868		
A6	13296	B6	12278		
A7	12843	B7	11684		
A8	17821	B8	23106		

I valori minori sono stati registrati presso la piattaforma. Quello maggiore, rilevato in B4, è risultato pari a 1,8 volte la media dei riferimenti, ma rimane comunque troppo modesto per indicare uno stato di alterazione. Inoltre, non sono state rilevate differenze degne di nota rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

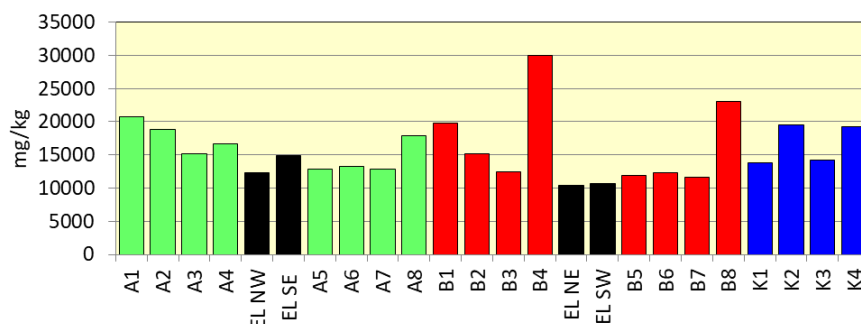


Fig. 3.24 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel 9° monitoraggio post lavori. In nero le stazioni in corrispondenza della piattaforma Elettra.

3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Il contenuto di carbonio organico rilevato lungo i transetti e presso Elettra nell'estate 2018 è risultato inferiore o in linea con i riferimenti (Tab. 3-XI e fig. 3.25) e mediamente comparabile (A: 2458±648; B: 2493±826; EL: 1805±324; K: 3228±786 mg/kg). Le concentrazioni raggiunte sono tutte inferiori a quelle rilevate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

Tab. 3-XI – Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'estate 2018 (9° survey post lavori di installazione). In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma Elettra.

A1	3430
A2	3300
A3	2330
A4	2560
EL NW	1650
EL SE	2280
A5	2110
A6	1740
A7	1670
A8	2520
B1	3380
B2	2450
B3	1720
B4	2340
EL NE	1730
EL SW	1560
B5	2230
B6	1900
B7	1840
B8	4080
K1	2570
K2	4110
K3	2560
K4	3670

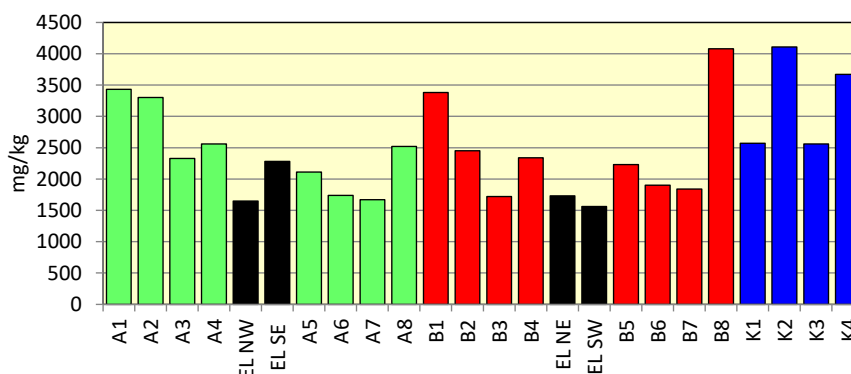


Fig. 3.25 - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nell'estate 2018. In nero le stazioni in corrispondenza della piattaforma Elettra.

3.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC - Nell'estate 2018 il valore della EC₅₀ con K₂Cr₂O₇=14,99 mg/l come cromo (LC=14,77 e UC=15,18) sono rientrati nei limiti della carta di controllo intralaboratorio; i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥16).

Risultati del saggio - Nell'estate 2018 tutti gli elutriati sono risultati privi di tossicità (Tab. 3-XII) confermando quanto osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

Tab. 3-XII - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati nel 9° survey post lavori. In rosso è indicato il sito in corrispondenza della piattaforma. Valori negativi della % di effetto indicano effetto stimolante.

campione	Salinità	pH	ΔG 72h%	EC ₂₀	EC ₅₀	Tossicità
EL SE	34	8,20	15,35	≥90	>100%	Assente
A3	34	8,19	14,82	≥90	>100%	Assente
A6	34	8,22	15,76	≥90	>100%	Assente
B3	34	8,13	15,22	≥90	>100%	Assente
B6	34	8,15	15,35	≥90	>100%	Assente
K1	34	8,16	-2,10	≥90	>100%	Assente
K2	34	8,00	5,42	≥90	>100%	Assente
K3	34	8,01	7,97	≥90	>100%	Assente
K4	34	8,00	8,37	≥90	>100%	Assente

3.4.2. *VIBRIO FISCHERI* (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Nell'estate 2018 il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 18E4110A (scadenza 6/20). Il valore della EC₅₀ a 15' = 8,38 mg/l (LC=7,74 mg/l e UC=9,07 mg/l) conseguito con la sostanza di riferimento ZnSO₄·7H₂O è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – Tutti i sedimenti testati nell'estate 2018 sono risultati privi di tossicità (Tab. 3-XIII) confermando quanto osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

3.4.3. *COROPHIUM ORIENTALE*

QA-QC – Nell'estate 2018 la sensibilità rilevata negli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl₂) LC₅₀ = 3,43 (LC=3,11 mg/l e UC=3,79 mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. In Tab. 3-XIV sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico.

Risultati del test - In tutti i sedimenti testati nell'estate 2018 non è stata rilevata alcuna tossicità (Tab. 3-XV) come nella maggior parte dei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019d).

Tab. 3-XIII - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato ai sedimenti prelevati nel 9° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente alla piattaforma.

campione	Sabbia < 1mm(%)	Pelite (%)	Soglia Tox Naturale(TU)	Tox Misurata(TU)	Range al 95% di confidenza(TU)		R ² (%)	S.T.I.	Tossicità
EL SE	58,40	41,60	113,76	10,21	8,06	12,96	0,98	0,09	Assente
A3	74,70	25,30	69,30	6,21	4,75	8,14	0,97	0,09	Assente
A6	78,70	21,30	58,39	10,49	8,49	12,95	0,98	0,18	Assente
B3	73,40	26,60	72,84	12,47	11,12	13,99	0,99	0,17	Assente
B6	64,40	35,60	97,40	11,98	10,29	13,93	0,99	0,12	Assente
K1	63,50	36,50	99,85	13,64	12,65	14,70	0,99	0,14	Assente
K2	34,90	65,10	177,87	17,34	13,97	21,52	0,98	0,10	Assente
K3	50,80	49,20	134,50	13,77	10,50	18,06	0,97	0,10	Assente
K4	50,60	49,40	135,04	14,47	11,93	17,56	0,98	0,11	Assente

Tab. 3-XIV – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test condotto nel 9° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente alla piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,15	0	> 85	16 ± 1	36	8,15	0	> 85
EL SE		36	8,05	0,5			36	8,03	0,5	
A3		36	8,03	0,5-1			36	8,05	1	
A6		36	8,02	0,5			36	8,04	0,5-1	
B3		36	8,04	0-0,5			36	8,03	0-0,5	
B6		36	8,02	0,5			36	8,02	0-0,5	
K1		36	8,00	0			36	8,00	0	
K2		36	7,99	0			36	8,01	0,5	
K3		36	7,97	0			36	8,00	0	
K4		36	7,98	0			36	8,01	0	

Tab. 3-XV - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al 9° survey post lavori. In rosso è indicata la stazione corrispondente ad Elettra.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	0 ± 0,00	0	-
EL SE	100	3 ± 6,09	3	Assente
A3	100	10 ± 3,67	10	Assente
A6	100	8 ± 0,00	8	Assente
B3	100	8 ± 5,19	8	Assente
B6	100	5 ± 3,18	5	Assente
K1	100	6 ± 8,21	6	Assente
K2	100	7 ± 6,09	7	Assente
K3	100	7 ± 3,18	7	Assente
K4	100	5 ± 3,18	5	Assente

3.4.4. CRASSOSTREA GIGAS

QA-QC - Nell'estate 2018 il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC₅₀ di 9,83 µg/l di Cu²⁺ (LC=9,13 e UC=10,57) che rientra nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (9,18-13,41 µg/l); la percentuale di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo (84,00±0,58%) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio – Nell'estate 2018 è stata rilevata una tossicità bassa solo in corrispondenza di due controlli (Tab. 3-XVI) indicando un lieve miglioramento rispetto all'inverno quando una tossicità bassa era stata rilevata in tre siti di riferimento e in EL SE (Fabi *et al.*, 2019d).

Tab. 3-XVI - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 9° survey post lavori. In rosso è indicato il sito posto sulla piattaforma.

campione	Salinità %	pH	% effetto grezzo	S(%)	EC ₂₀	EC ₅₀	Giudizio
Controllo	34	8,20	16 ± 0,58	-			-
EL SE	34	8,19	26 ± 1,53	88	≥ 90	>100	Assente
A3	34	8,22	28 ± 1,53	85	≥ 90	>100	Assente
A6	34	8,13	31 ± 1,53	75	≥ 90	>100	Assente
B3	34	8,15	37 ± 1,53	81	≥ 90	>100	Assente
B6	34	8,16	24 ± 1,53	91	≥ 90	>100	Assente
K1	34	8,00	25 ± 1,00	89	≥ 90	>100	Assente
K2	34	8,01	38 ± 1,53	73	71,7	>100	Bassa
K3	34	8,00	38 ± 1,73	74	77,3	>100	Bassa
K4	34	8,20	31 ± 1,00	82	≥ 90	>100	Assente

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 il 9° survey post lavori, sono riportati in Tab. 3-XVII, mentre in Tab. 3-XVIII sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo risultate per lo più inferiori a quella del controllo.

Risultati del saggio - In Tab. 3-XIX sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nel bianco (tempo 0') e quelle registrate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti campionati nell'estate 2018, mentre la Tab. 3-XX 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').

Solo il **mercurio** è stato accumulato negli organismi testati in tutti i sedimenti esclusi quelli provenienti dal sito A3 e dal controllo K3. E' stato rilevato anche un bioaccumulo di **piombo** in K4.

Questi risultati indicano un miglioramento rispetto all'inverno 2018 per il nichel, il silicio e l'arsenico che erano stati bioaccumulati ovunque e confermano sostanzialmente quanto rilevato per tutti gli altri metalli (Fabi *et al.*, 2019d).

Tab. 3-XVII - Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto nel 9° survey post lavori. In rosso il sito della piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 1	35	7,80	0,5-1	> 85	15 ± 1	34	8,18	0,5	> 85
EL SE		36	8,07	0,5			35	8,09	0-0,5	
A3		36	8,04	1			35	8,10	0,5	
A6		36	8,03	0,5-1			35	8,07	0	
B3		36	8,04	0,5			35	8,06	0-0,5	
B6		36	8,06	0-0,5			35	8,03	0,5	
K1		36	8,04	0			35	8,07	0,5	
K2		36	8,01	0			35	8,08	0	
K3		36	8,02	0			35	8,04	0	
K4		36	8,00	0			35	8,06	0	

Tab. 3-XVIII - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo relativo al 9° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente alla piattaforma.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	24	54 ± 7,22
EL SE	24	29 ± 7,22
A3	24	21 ± 7,22
A6	24	33 ± 7,22
B3	24	0 ± 0,00
B6	24	63 ± 0,00
K1	24	8 ± 7,22
K2	24	33 ± 7,22
K3	24	29 ± 7,22
K4	24	8 ± 7,22

Tab. 3-XIX - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nell'estate 2018. In il sito corrispondente alla piattaforma. Bianco = organismi analizzati al tempo 0. 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.	0,63	n.r.	0,109	n.r.	21,25	377,75	4,17	n.r.	0,60	104,64	n.r.	145,27	0,084
Controllo	n.r.	0,70	n.r.	0,098	n.r.	23,06	370,25	2,91	n.r.	0,69	72,17	n.r.	188,73	0,119
EL SE	n.r.	0,65	n.r.	0,103	n.r.	14,93	331,76	4,10	n.r.	0,59	89,06	n.r.	147,33	0,123
A3	n.r.	0,61	n.r.	0,086	n.r.	13,31	342,33	3,18	n.r.	0,57	94,30	n.r.	152,52	0,091
A6	n.r.	0,53	n.r.	0,113	n.r.	15,81	339,67	3,51	n.r.	0,69	94,41	n.r.	168,00	0,109
B3	n.r.	0,66	n.r.	0,102	n.r.	14,43	392,26	4,12	n.r.	0,92	102,49	n.r.	146,78	0,106
B6	n.r.	0,71	n.r.	0,081	n.r.	12,88	393,87	1,98	n.r.	0,61	116,60	n.r.	132,56	0,104
K1	n.r.	0,57	n.r.	0,120	n.r.	27,97	334,54	4,37	n.r.	0,68	121,85	n.r.	158,59	0,123
K2	n.r.	0,62	n.r.	0,111	n.r.	15,02	384,42	4,25	n.r.	0,72	112,05	n.r.	166,04	0,147
K3	n.r.	0,63	n.r.	0,098	n.r.	14,24	351,10	5,20	n.r.	0,70	114,87	n.r.	155,75	0,088
K4	n.r.	0,56	n.r.	0,108	n.r.	12,76	403,28	4,03	n.r.	4,41	121,37	n.r.	150,16	0,108

Tab. 3-XX - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti al sedimento di controllo e ai sedimenti da testare e il bianco (0'). In rosso è indicata la stazione corrispondente alla piattaforma. In grassetto sono evidenziati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. (controllo = organismi esposti al sedimento di controllo). n.c. = non calcolabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	n.c.	0,07	n.c.	-0,01	n.c.	1,81	-7,50	-1,25	n.c.	0,09	-32,47	n.c.	43,47	0,04
EL SE	n.c.	0,03	n.c.	-0,01	n.c.	-6,32	-45,99	-0,07	n.c.	-0,01	-15,58	n.c.	2,06	0,04
A3	n.c.	-0,02	n.c.	-0,02	n.c.	-7,94	-35,42	-0,99	n.c.	-0,03	-10,34	n.c.	7,25	0,01
A6	n.c.	-0,10	n.c.	0,00	n.c.	-5,44	-38,08	-0,66	n.c.	0,09	-10,23	n.c.	22,73	0,03
B3	n.c.	0,03	n.c.	-0,01	n.c.	-6,82	14,51	-0,04	n.c.	0,32	-2,15	n.c.	1,51	0,02
B6	n.c.	0,08	n.c.	-0,03	n.c.	-8,38	16,12	-2,19	n.c.	0,01	11,96	n.c.	-12,70	0,02
K1	n.c.	-0,06	n.c.	0,01	n.c.	6,72	-43,21	0,20	n.c.	0,08	17,21	n.c.	13,32	0,04
K2	n.c.	-0,01	n.c.	0,00	n.c.	-6,24	6,67	0,08	n.c.	0,11	7,41	n.c.	20,77	0,06
K3	n.c.	0,00	n.c.	-0,01	n.c.	-7,01	-26,65	1,03	n.c.	0,10	10,23	n.c.	10,49	0,00
K4	n.c.	-0,07	n.c.	0,00	n.c.	-8,49	25,53	-0,14	n.c.	3,80	16,73	n.c.	4,89	0,02

3.5. ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

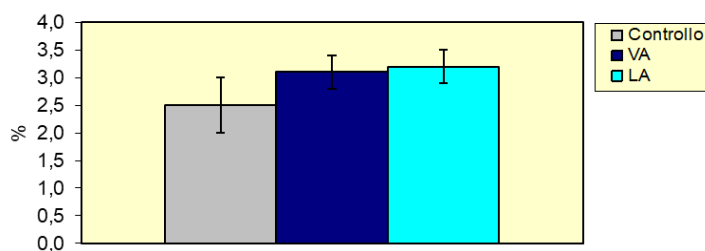
3.5.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI

3.5.1.1 Materia organica estratta (MOE)

Analogamente a quanto osservato nell'inverno 2018 (Fabi *et al.*, 2019d), anche in estate il contenuto di MOE è apparso omogeneamente distribuito (Tab. 3-XXI e fig. 3.26). Non si rilevano discrepanze in generale con quanto osservato in analoghe indagini condotte presso altre piattaforme offshore installate nell'Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2005a; 2010a; 2010b; 2013).

Tab. 3-XXI - Distribuzione della MOE (% \pm dev.st.) rilevata nei tessuti di mitili prelevati nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Controllo	2,5 \pm 0,5
VA	3,1 \pm 0,3
LA	3,1 \pm 0,3



	Controllo	VA	LA
Controllo		ns	ns
VA	ns		ns
LA	ns	ns	

Fig. 3.26 – MOE rilevata negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test U; ns = non significativo; * = $p < 0,05$

3.5.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA)

Nell'ultimo survey i livelli di IA nel segmento C₁₅-C₃₁ sono risultati compresi tra 27,7 \pm 1,2 mg/kg p.s. (controllo) e 38,2 \pm 1,3 mg/kg p.s. (VA; Tab. 3-XXII; fig. 3.27). Solo le concentrazioni rilevate in VA sono risultate statisticamente superiori rispetto al controllo mentre precedentemente (eccetto l'inverno 2018; Fabi *et al.*, 2019d) entrambi i siti di Elettra avevano presentato tenori significativamente maggiori. Nell'ultimo monitoraggio è stata rilevata anche una differenza tra VA ed LA.

L'analisi dell'abbondanza e della distribuzione dei livelli dei diversi omologhi investigati

nel corso dell'estate 2018 ha confermato valori del rapporto LMW/HMW inferiori all'unità, condizione questa che tende ad evidenziare il predominio di sostanze di origine naturale nella miscela di IA investigati. Analoga indicazione deriva anche dai risultati preliminari dell'indice CPI. I livelli di C₁₈/fitano e C₁₇/pristano hanno invece ancora una volta indicato una situazione ora poco chiara. Entrambi gli indici, infatti, sono ancora una volta risultati <3 suggerendo la presenza di IA di origine petrogenica. Infine, l'idrocarburo alifatico maggiormente accumulato (MH) presso il sito di controllo è il C₂₉ in tutti i tre siti come precedentemente.

Tab. 3-XXII - Distribuzione degli IA(mg/kg; ± dev.st.) rilevati nei tessuti di mitili prelevati nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Controllo	VA	LA
C ₁₅	0,24 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,67 ± 0,01
C ₁₆	0,69 ± 0,03	0,26 ± 0,01	0,22 ± 0,01
C ₁₇	0,56 ± 0,02	0,56 ± 0,01	0,55 ± 0,01
C ₁₈	0,40 ± 0,02	0,36 ± 0,01	0,25 ± 0,01
C ₁₉	3,14 ± 0,01	2,07 ± 0,01	1,91 ± 0,01
C ₂₀	1,05 ± 0,04	0,75 ± 0,02	0,42 ± 0,02
C ₂₁	0,29 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,10 ± 0,01
C ₂₂	1,29 ± 0,05	0,38 ± 0,03	0,42 ± 0,03
C ₂₃	0,69 ± 0,02	0,66 ± 0,01	1,08 ± 0,01
C ₂₄	5,5 ± 0,1	10,1 ± 0,1	8,4 ± 0,1
C ₂₅	2,24 ± 0,04	2,76 ± 0,03	1,43 ± 0,02
C ₂₆	2,85 ± 0,10	1,80 ± 0,04	0,78 ± 0,04
C ₂₇	0,29 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,32 ± 0,01
C ₂₈	0,76 ± 0,02	2,43 ± 0,02	2,08 ± 0,01
C ₂₉	6,44 ± 0,08	13,60 ± 0,04	11,20 ± 0,04
C ₃₀	0,46 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,26 ± 0,01
C ₃₁	0,44 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,17 ± 0,01
Pristano	0,29 ± 0,02	0,27 ± 0,02	0,15 ± 0,02
Fitano	0,16 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,09 ± 0,01
Σ _{IA}	27,6 ± 1,2	38,2 ± 1,3	30,2 ± 1,2

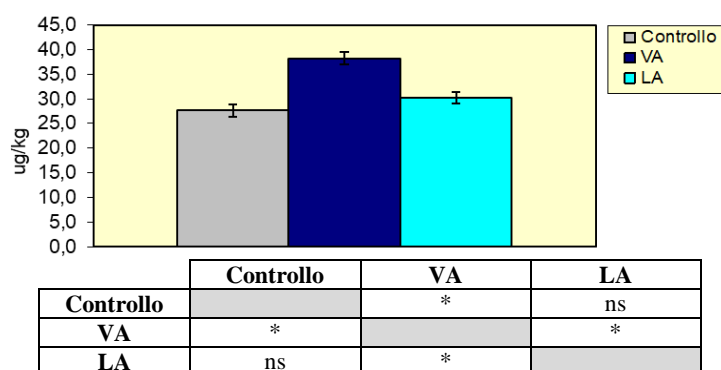


Fig. 3.27 - Distribuzione degli IA (mg/kg; ± dev.st.) rilevati nei tessuti di mitili nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test U; * = p<0,05.

Tab. 3-XXIII - Indici di distribuzione degli IA rilevati nei tessuti molli di mitili (*M. galloprovincialis*) nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Indice	Controllo	VA	LA
LMW/HMW	0,31	0,14	0,16
CPI (C _{-15/30})	1,92	1,27	1,35
C ₁₇ /pristano	2,29	2,10	2,23
C ₁₈ /fitano	2,53	2,61	2,85
MH	C ₂₉	C ₂₉	C ₂₉

3.5.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Nell'estate 2018 dei 16 IPA ricercati sono stati rilevati solo il fluorantene nel VA e il pirene in entrambi i siti della piattaforma (Tab. 3-XXIV e fig. 3.28). Al controllo non è stato rilevato alcun composto.

I valori osservati appaiono inferiori a quelli registrati in aree marine e marino-costiere soggette a un moderato impatto antropico (Carro *et al.*, 2006; Lima *et al.*, 2007; Fabi *et al.*, 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b, 2019b; Gomiero *et al.*, 2015).

Gli IPA non erano stati affatto rilevati negli ultimi due monitoraggi condotti nell'estate 2017 e nell'inverno 2018 (Fabi *et al.*, 2019d). Comunque, i livelli registrati ultimamente sono inferiori o comparabili a quelli dei survey del 2015 e 2016.

Tab. 3-XXIV - Distribuzione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici rilevati nell'estate 2018. Valori espressi in ng/g p.s. (\pm dev. st.). LOD = limite di rilevabilità.

	Controllo	VA	LA
Naftalene	< LOD	< LOD	< LOD
Acenaftene	< LOD	< LOD	< LOD
Acenaftilene	< LOD	< LOD	< LOD
Fluorene	< LOD	< LOD	< LOD
Fenantrene	< LOD	< LOD	< LOD
Antracene	< LOD	< LOD	< LOD
Fluorantene	< LOD	2,10 \pm 2,0	< LOD
Pirene	< LOD	5,80 \pm 2,0	3,80 \pm 2,0
B[a]Antracene	< LOD	< LOD	< LOD
Crisene	< LOD	< LOD	< LOD
B[b]Fluorantene	< LOD	< LOD	< LOD
B[k]Fluorantene	< LOD	< LOD	< LOD
B[a]Pirene	< LOD	< LOD	< LOD
DiB[a,h]A	< LOD	< LOD	< LOD
BghiPerilene	< LOD	< LOD	< LOD
Indeno [c,d] pirene	< LOD	< LOD	< LOD
Σ_{ipa}	---	7,9 \pm 2,0	3,8 \pm 2,0

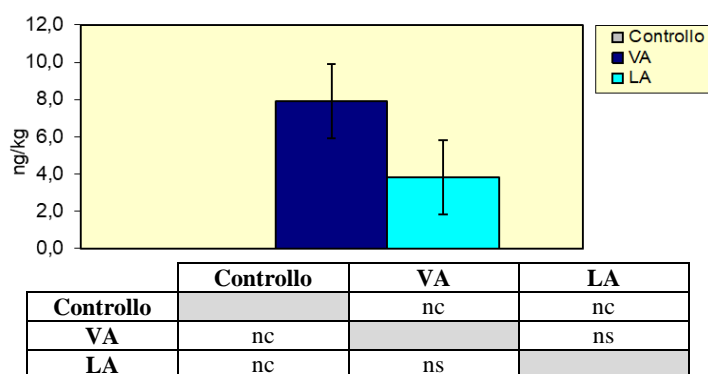


Fig. 3.28 - Distribuzione degli IPA (ng/kg; \pm dev.st.) rilevati nei tessuti di mitili nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test U; * = $p < 0,05$.

3.5.1.4 Alchilfenoli polietossilati

Anche nell'estate 2018, così come in tutto il periodo precedente di osservazione (Fabi *et al.*, 2019d), gli Alchilfenoli polietossilati sono risultati inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale (Tab. 3-XXV).

Tab. 3-XXV - Distribuzione degli Alchilfenoli polietossilati rilevati nei mitili. Valori espressi in ng/g p.s. (\pm dev. st.). LOD = limite di rilevabilità.

	Controllo	VA	LA
4-n-nonilfenolo	< LOD	< LOD	< LOD
4-n-ottilfenolo	< LOD	< LOD	< LOD
4-tert ottilfenolo	< LOD	< LOD	< LOD
4-n-ottilfenolo monoetossilato	< LOD	< LOD	< LOD

3.5.1.5 Metalli pesanti

Nell'ultimo monitoraggio il **cadmio** ha evidenziato un accumulo significativo presso entrambi i siti della piattaforma e il **bario** in VA rispetto agli altri due punti di prelievo (Tabb. 3-XXVI e 3-XXVII; fig. 3.29). Al controllo sono risultate statisticamente più elevate le concentrazioni di **arsenico** rispetto a VA e quelle di **alluminio**, **ferro**, **rame** e **silicio** rispetto ad entrambi i siti di Elettra (per i primi due sono state rilevate differenze anche tra VA ed LA). Interessante appare il comportamento dell'alluminio che in tutti i survey precedenti aveva presentato un accumulo significativo in VA con concentrazioni anche molto anomale (Fabi *et al.*, 2019d). Il tenore relativo all'ultimo monitoraggio è risultato il più basso dell'intero periodo per questo sito.

Lo **zinco** è apparso confrontabile in LA e al controllo e maggiore rispetto a VA e il **piombo** è stato rilevato solo nei mitili di riferimento.

Nichel, **vanadio** e **cromo** sono apparsi omogeneamente distribuiti mentre **indio** e

mercurio non sono stati affatto rilevati.

Quanto osservato è in linea con i livelli medi di accumulo di metalli pesanti riportati in un precedente studio pluriennale condotto da Fattorini *et al.* (2008) e volto a valutare la biodisponibilità di metalli pesanti in mitili prelevati presso diverse piattaforme ubicate nel mare Adriatico settentrionale e centrale. È stata inoltre riscontrata una certa similitudine con quanto rilevato da Gorbi *et al.* (2008) presso la piattaforma “Giovanna” e da Fabi *et al.* (2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2015a; 2016) presso altre strutture offshore.

Tab. 3-XXVI - Distribuzione dei metalli in traccia (mg/kg p.s. \pm dev. st.) rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Elettra e nel sito di controllo nell'estate 2018. LOD = limite di quantificazione strumentale. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Controllo	VA	LA
As	2,40 \pm 0,15	2,10 \pm 0,10	2,20 \pm 0,10
Cd	0,09 \pm 0,01	0,15 \pm 0,01	0,19 \pm 0,01
Cr	0,28 \pm 0,10	0,10 \pm 0,10	0,12 \pm 0,10
Al	36,0 \pm 0,5	29,0 \pm 0,50	4,5 \pm 0,5
Hg	LOD	LOD	LOD
Pb	0,12 \pm 0,10	LOD	LOD
Cu	0,84 \pm 0,10	0,18 \pm 0,10	0,40 \pm 0,10
Zn	15,0 \pm 0,5	7,6 \pm 0,5	15,5 \pm 0,5
Ni	0,38 \pm 0,10	0,18 \pm 0,10	0,24 \pm 0,10
V	0,23 \pm 0,1	0,39 \pm 0,1	0,39 \pm 0,1
Ba	0,18 \pm 0,10	0,41 \pm 0,10	0,10 \pm 0,10
Si	15,9 \pm 1,0	1,1 \pm 1,0	2,5 \pm 1,0
Fe	16,0 \pm 0,5	7,6 \pm 0,5	12,7 \pm 0,5
In	<LOD	LOD	LOD

Tab. 3-XXVII - Risultati dei confronti statistici relativi alla distribuzione dei metalli pesanti nei siti della piattaforma Elettra e al controllo (test U - Mann-Whitney). * = p<0,05; ns = non significativo. nc = non calcolabile.

	Controllo vs VA	Controllo vs LA	VA vs LA
As	*	ns	ns
Cd	*	*	*
Cr	ns	ns	ns
Al	*	*	*
Hg	nc	nc	nc
Pb	nc	nc	nc
Cu	*	*	ns
Zn	*	ns	*
Ni	ns	ns	ns
V	ns	ns	ns
Ba	*	ns	*
Si	*	*	ns
Fe	*	*	*
In	nc	nc	nc

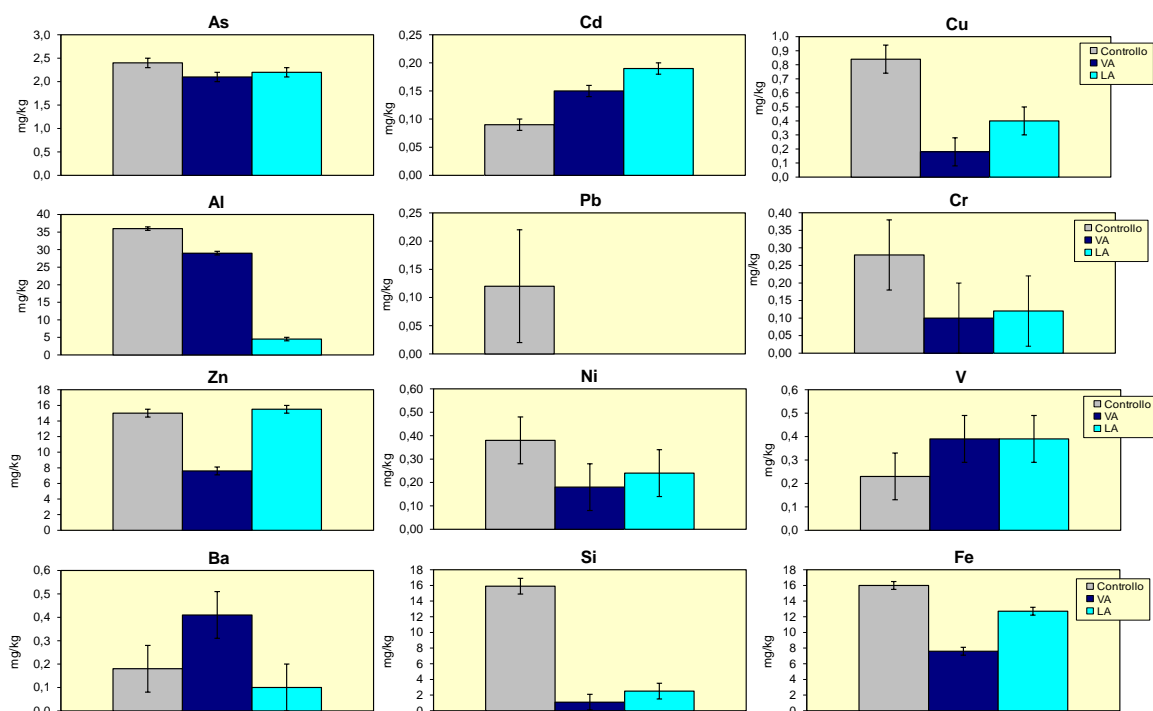


Fig. 3.29 - Metalli pesanti (mg/kg (\pm dev. st.) rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Elettra e nel sito di controllo nell'estate 2018. Non sono riportati mercurio e indio in quanto non quantificabili in alcuno dei tre siti. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XXVIII sono riportati i risultati relativi ai mitili analizzati nell'estate 2018.

Tab. 3-XXVIII - Valori medi dei biomarker (\pm dev. st.) determinati nei mitili campionati nel sito di controllo, vicino (VA) e lontano (LA) dall'anodo di sacrificio di Elettra nell'estate 2018.

Biomarker	Unità di misura	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	7,5	7,9	8,1
Micronuclei	frequenza ‰	0,7 \pm 0,3	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,3
Lipofuscine	densità ottica / pixels ²	7342 \pm 440	9657 \pm 637	9465 \pm 831
Lipidi neutri	densità ottica / pixels ²	12993 \pm 1947	14432 \pm 2234	14286 \pm 3126
Stabilità lisosomiale	min	52,5 \pm 5,5	35,5 \pm 3,0	34,0 \pm 3,0
Catalasi	μ mol/min/mg di proteine	0,026 \pm 0,009	0,031 \pm 0,008	0,035 \pm 0,008
Malondialdeide	nmol Mda g ⁻¹ tessuto	38,5 \pm 12,0	40,5 \pm 9,0	41,0 \pm 7,5
Metallotioneine	μ g MT/g	50,1 \pm 18,3	110,2 \pm 22,6	124,2 \pm 20,2
qPCR _{MT10}	Induzione	1,0	1,2	2,0
qPCR _{MT20}		1,0	6,6	5,8

3.5.2.1 Stress on stress

I mitili prelevati dai due siti della piattaforma Elettra hanno presentato nell'estate 2018 una sopravvivenza all'aria, misura dello stress on stress, uniforme tra tutti i siti investigati con livelli compresi tra 7,5 e 8,1 gg (fig. 3.30), confermando i risultati precedenti (Fabi *et al.*, 2019d). I tempi di sopravvivenza osservati sono simili, e in alcuni casi superiori, a quelli

registrati in studi analoghi condotti su altre piattaforme offshore dell'Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2016; 2019b; Gomiero *et al.*, 2011; 2015).

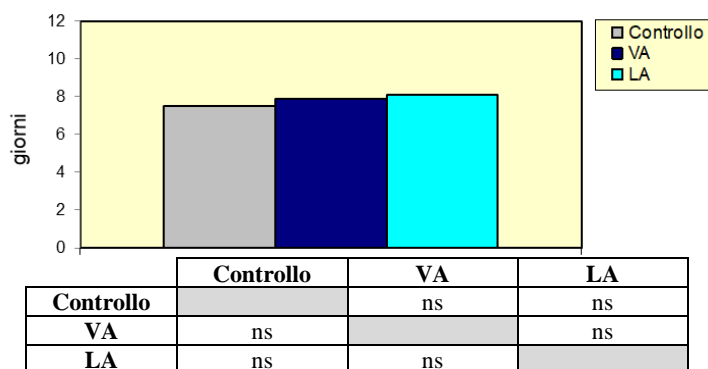


Fig. 3.30 - Tempi di sopravvivenza all'aria riscontrati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test di Kaplann-Meier; ns = non significativo.

3.5.2.2 Micronuclei

Analogamente a quanto osservato in tutti i monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019d), anche nell'estate 2018 la distribuzione delle frequenze di micronuclei è risultata omogenea tra i siti investigati (fig. 3.31). Ciò indica una scarsa genotossicità negli organismi esaminati. Le frequenze rilevate nei mitili prelevati presso la piattaforma sono infatti apparse estremamente contenute rispetto a quanto riportato per aree costiere (Bolognesi *et al.*, 1996; 2004) e confrontabili con quelle rilevate per altre piattaforme offshore dell'Adriatico (Fabi *et al.*, 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015b; 2016; 2019b; Gomiero *et al.*, 2011, 2015).

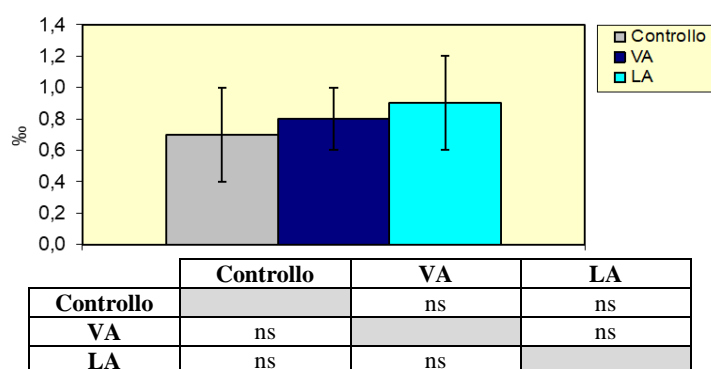


Fig. 3.31 - Frequenze medie (\pm dev.st.) dei micronuclei ottenute per gli esemplari di *M. galloprovincialis* nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test ANOVA; ns = non significativo; * = $p < 0,05$.

3.5.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscine

I livelli di lipofuscine relativi all'estate 2018 sono risultati compresi tra 7342 ± 440 (controllo) e 9657 ± 637 unità di densità ottica/pixel (VA), indicando per la prima volta (Fabi *et al.*, 2019d) un aumento significativo in entrambi i siti di Elettra (fig. 3.32). Ciò indica la presenza di un moderato stress perossidativo a carico degli organismi analizzati. I livelli ottenuti sono comunque inferiori a quelli evidenziati in precedenti esperienze di monitoraggio in aree costiere dell'Adriatico settentrionale (Petrovic *et al.*, 2004) o su analoghe piattaforme offshore (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2019b; Gorbi *et al.*, 2008; Gomiero *et al.*, 2011; 2015).

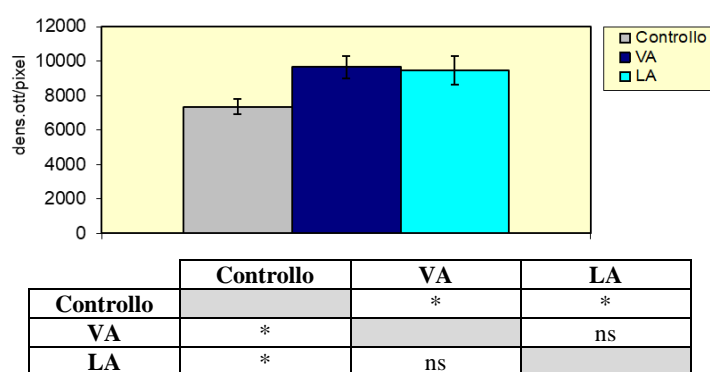


Fig. 3.32 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipofuscine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test ANOVA; ns = non significativo; * = $p < 0,05$.

3.5.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri

Analogamente a quanto osservato precedentemente (Fabi *et al.*, 2019d), anche nell'estate 2018 la distribuzione dei livelli di lipidi neutri è apparsa omogenea tra i tre campioni di mitili (fig. 3.33). Ciò tende ad escludere un'alterazione biologica associata alla sintesi dei lipidi nell'organismo a causa della potenziale presenza di sostanze xeno-biotiche biodisponibili, quali i composti organici, capaci di alterare il normale metabolismo lipidico di un organismo marino. Il contenuto lipidico totale della ghiandola digestiva è, infatti, costituito per circa l'80% da lipidi neutri insaturi ed è stato osservato che, in organismi esposti a contaminanti organici (PCB, IPA, diossine), avviene un incremento sostanziale dell'accumulo di lipidi neutri associati a lisosomi secondari. Confrontando i risultati ottenuti con la letteratura più recente si evidenziano risposte nella norma e assimilabili a organismi soggetti a una bassa pressione antropica (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2019b; Gorbi *et al.*, 2008; Gomiero *et al.*, 2015).

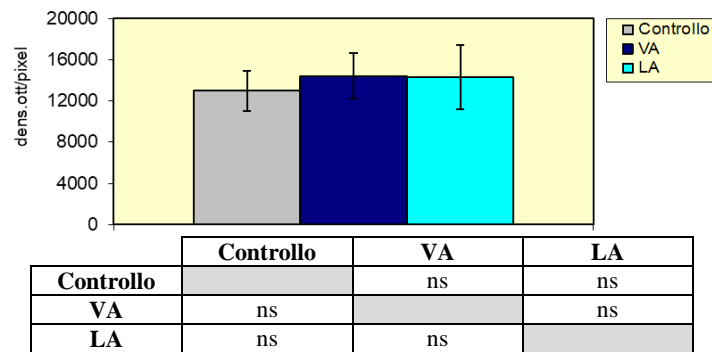


Fig. 3.33 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipidi neutri ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test ANOVA; ns = non significativo; * = $p < 0,05$.

3.5.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali

Analogamente a quanto osservato nei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019d), anche nell'estate 2018 i mitili prelevati da entrambi i siti della piattaforma hanno presentato un aumento significativo della fragilità lisosomiale rispetto agli esemplari di controllo (fig. 3.34), confermando la presenza di un lieve ma significativo livello di stress negli organismi prelevati dalla struttura. Nel complesso, comunque, i tempi di destabilizzazione osservati appaiono confrontabili a quelli registrati in organismi in discreto stato di salute (Donnini *et al.*, 2007). Essi sono inoltre simili e in alcuni casi superiori agli analoghi registrati in precedenti indagini ambientali su strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2019b; Gorbi *et al.*, 2008; Gomiero *et al.*, 2011; 2015) e in altre aree dell'alto Adriatico (Petrovic *et al.*, 2004).

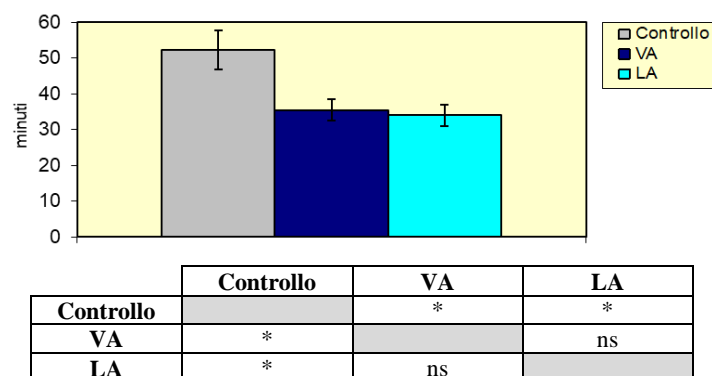


Fig. 3.34 - Valori medi (\pm dev.st.) dei tempi di destabilizzazione ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test ANOVA; ns = non significativo; * = $p < 0,05$.

3.5.2.6 Catalasi

L'attività di catalasi misurata nelle ghiandole digestive dei bivalvi prelevati presso la piattaforma ha presentato anche nell'estate 2018 una distribuzione omogenea rispetto agli

esemplari di controllo (fig. 3.35), confermando l'assenza di stress ossidativo rilevato in tutto il periodo di osservazione (Fabi *et al.*, 2019d). Le risposte registrate si collocano nel range riportato nella letteratura inerente sia analoghi monitoraggi ambientali (Fabi *et al.*, 2005a; 2006; 2010a; 2010b; 2016), sia la valutazione della qualità di aree marino-costiere (Bocchetti e Regoli, 2006).

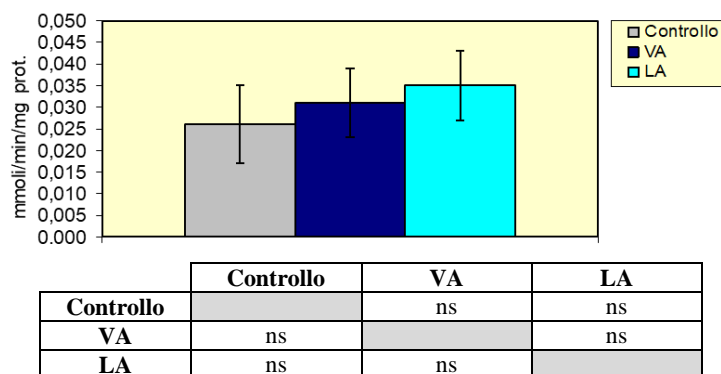


Fig. 3.35 - Valori medi (\pm dev.st.) dell'attività della catalasi ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test ANOVA; ns = non significativo; * = $p < 0,05$.

3.5.2.7 Malondialdeide

Anche i livelli medi determinati nei mitili della piattaforma Elettra e in quelli di riferimento sono risultati statisticamente omogenei tra loro nell'ultimo survey (fig. 3.36) come in quelli precedenti (Fabi *et al.*, 2019d). Alla luce di questo risultato e di quello relativo alla determinazione dell'attività di catalasi, è possibile escludere la presenza di un effetto biologico associato allo stress ossidativo. I livelli riscontrati appaiono simili a quelli osservati sia in esperimenti di biomonitoraggio attivo con mitili (Viarengo e Canesi, 1991; Michael *et al.*, 1992), sia presso analoghe piattaforme offshore (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016; 2019b).

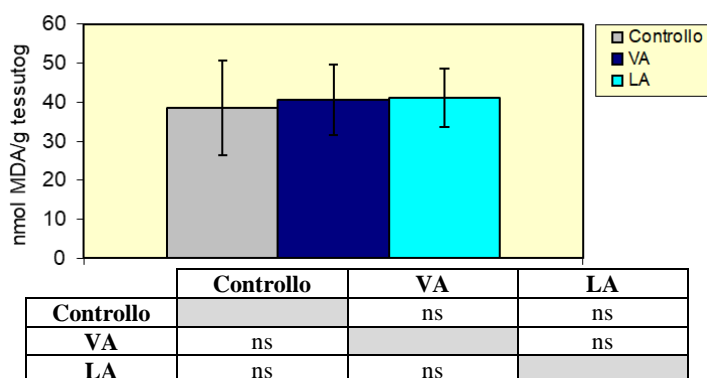


Fig. 3.36 - Valori medi (\pm dev.st.) di malondialdeide ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test ANOVA; ns = non significativo; * = $p < 0,05$.

3.5.2.8 Metallotioneine

Come già osservato nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2019d), anche nell'estate 2018 i livelli medi di metallotioneine sono risultati significativamente più elevati nei mitili prelevati da entrambi i siti di Elettra rispetto a quelli degli esemplari di controllo (fig. 3.37). Tutti i livelli osservati sono comunque confrontabili con quelli rilevati in precedenza presso altre piattaforme metanifere (Fabi *et al.*, 2005a; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016; 2019b; Gomiero *et al.*, 2011; 2015).

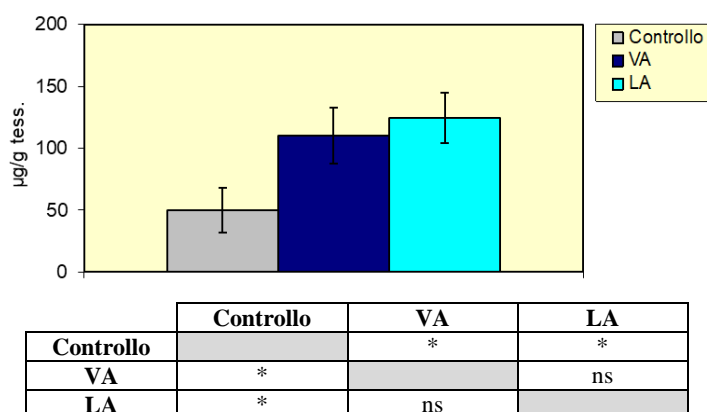


Fig. 3.37 - Valori medi (\pm dev.st.) di metallotioneine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test di Mann - Whitney; ns = non significativo; * = $p < 0,05$.

3.5.2.9 Polymerase Chain Reaction (qPCR)

L'analisi qPCR costituisce una tecnica d'indagine consolidata in campo biomedico e implementata con tecniche innovative per lo studio della qualità degli ambienti marini (Dondero *et al.*, 2005). La metodologia prevede l'amplificazione selettiva in vitro di una sequenza di DNA target. In particolare, nel corso del presente studio, è stata approfondita la quantificazione di due sequenze geniche, MT₁₀ ed MT₂₀, responsabili della sintesi delle proteine metallo-chelanti metallotioneine (Dondero *et al.*, 2005). I risultati ottenuti nell'estate 2018 tendono a confermare la presenza di induzione sia dell'MT₁₀ che dell'MT₂₀ nei mitili di Elettra rispetto a quelli di controllo (fig. 3.38) come in tutti i monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019d).

L'espressione del secondo gene risulta correlata all'omeostasi di cationi tipicamente essenziali allo sviluppo e alla corretta funzionalità cellulare nel mitilo quali Ca, Mg, Zn, Fe e, in piccole quantità, Cu. Diversamente, il primo gene risulta indotto in presenza di cationi non essenziali quali As, Be, Cd, Cs, Hg e Pb.

Comunque, i livelli d'induzione osservati nei mitili della piattaforma appaiono moderati rispetto a quelli osservati su mitili prelevati presso aree marine-costiere interessate da

diverse attività tra cui industriali, agricole ed urbane (+0,86 ÷ +165; Banni *et al.*, 2007).

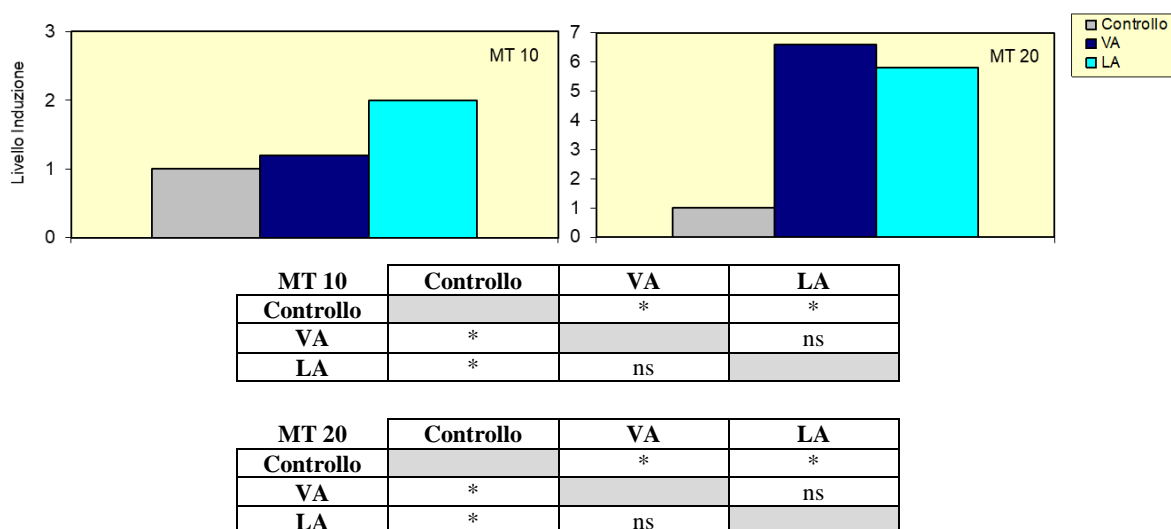


Fig. 3.38 – qPCR rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* campionati nell'estate 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Test ANOVA; ns = non significativo; * = $p < 0,05$.

3.5.3. INDAGINI ULTRASTRUTTURALI

3.5.3.1 Valutazione dei tessuti mediante indagini con microscopie a bassa risoluzione

Come nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2019d), anche nell'estate 2018 le indagini di screening sono state eseguite prevalentemente con microscopia ottica convenzionale e sono state successivamente implementate da dati di microscopia SEM a bassa risoluzione.

Complessivamente le sezioni hanno evidenziato morfologie, colorazioni e organizzazioni tessutali piuttosto buone, anche se sono stati effettivamente osservati rari casi di alterazioni della struttura degli organi. I dati riportati in Tab. 3-XXIX consentono di analizzare la dipendenza dal sito di campionamento degli effetti morfologici osservati.

Tab. 3-XXIX - Alterazioni morfologiche osservate nelle 144 sezioni di ghiandole digestive e gonadi analizzate complessivamente nell'estate 2018. I dati, raggruppati per sito di campionamento, indicano complessivamente una bassa percentuale di anomalie e una equivalenza tra i due siti della piattaforma e il controllo.

SITO	Alterazioni (%)
Controllo	2,08
Vicino Anodo	2,08
Lontano Anodo	2,08

Nel presente survey sono state osservate lievi anomalie morfologiche, oltre che negli esemplari raccolti presso la piattaforma, anche in una sezione di un esemplare di controllo. Situazioni di questo tipo, anche se piuttosto rari, si sono già verificati nei precedenti

campionamenti e va tenuto conto della loro presenza nel corso delle valutazioni che riguardano i campioni raccolti nei siti della piattaforma. Nel caso del campionamento estivo del 2018 le percentuali di anomalie morfologiche nei siti della piattaforma sono risultate molto basse e identiche a quella degli esemplari di riferimento. Inoltre, l'analisi eseguita mediante screening dei vetrini al microscopio ottico a bassa risoluzione permette di affermare che tali anomalie, quando presenti, erano di piccola entità, per lo più associabili a difetti di captazione dei coloranti e/o a fragilità tissutali, e riferibili, comunque, ad aree del campione piuttosto piccole.

La distribuzione delle anomalie morfologiche per organo, invece, è riportata in Tab. 3-XXX. Anche questi dati hanno evidenziato per prima cosa il basso numero di alterazioni complessive riscontrate. Inoltre, limitando l'analisi ai due siti della piattaforma, non è risultata alcuna differenza tra i due organi analizzati.

Pertanto, tenendo conto di queste osservazioni, e in considerazione del fatto che sui siti della piattaforma si è osservato un numero di alterazioni analoghe a quelle dei controlli, la situazione della piattaforma è da ritenere pressoché del tutto normalizzata, almeno dal punto di vista degli effetti morfologici osservabili sugli organismi.

Tab. 3-XXX - Alterazioni morfologiche rilevate per tipologia di organo in controlli e campioni raccolti presso i siti di Elettra nell'estate 2018. I dati evidenziano un numero molto basso di alterazioni morfologiche osservate in tutti i siti campionati ed effetti distribuiti in modo abbastanza equivalente tra i due organi studiati. Va notata la presenza di alterazioni anche in una sezione di epatopancreas di un esemplare di controllo.

	EPATOPANCREAS	GONADI
Alterazioni osservate in totale (%)	2,78	1,39
Alterazioni nei controlli (%)	4,16	0
Alterazioni in VA+LA (%)	2,08	2,08

3.5.3.2 Rilevazione diretta di inquinanti nanodimensionati nei tessuti

I risultati più interessanti del presente campionamento sono stati ottenuti utilizzando la microscopia SEM. Le immagini sono state acquisite su due diversi microscopi elettronici, sia utilizzando la modalità di imaging basata sull'acquisizione di elettroni secondari che di elettroni retrodiffusi (backscattered electrons); questi ultimi, essendo sensibili al numero atomico della materia in studio, consentono di ottenere un migliore contrasto in presenza di materiali ad alto peso atomico e una più semplice individuazione delle zone di tessuti di interesse. Altrettanto utile si è rivelata l'analisi elementare eseguita con spettroscopia EDX che ha consentito di fornire un'interpretazione della natura delle strutture esogene rilevate.

I casi di nano- o micro-inquinanti osservati sono riportati nelle figure che seguono. In

particolare, nelle figg. 3.39 – 3.41 sono riportate le immagini relative alle osservazioni dirette di inquinanti nanostrutturati osservati in epatopancreas. In fig. 3.39 sono riportate le immagini acquisite in modalità elettroni retrodiffusi in un'area di tessuto di epatopancreas di un esemplare cresciuto presso il sito LA. Sono evidenti alcune strutture più chiare dell'intorno biologico e che protrudono dalla matrice tissutale. L'analisi elementare svolta in corrispondenza di alcune di esse ha evidenziato una significativa quantità di silicio, che invece è quasi assente sul corpo del tessuto.

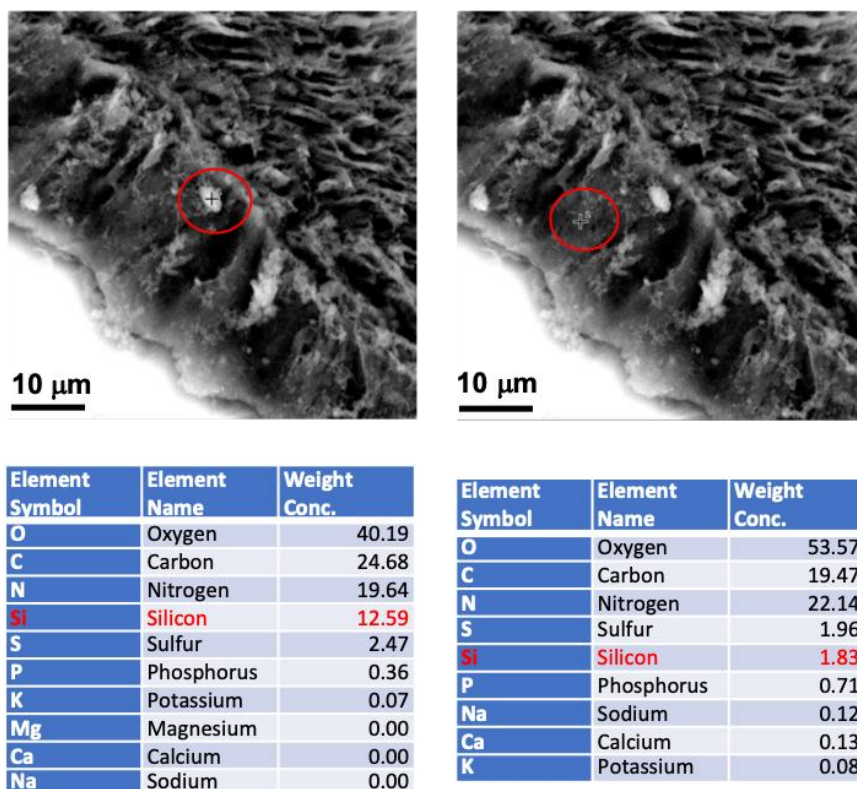
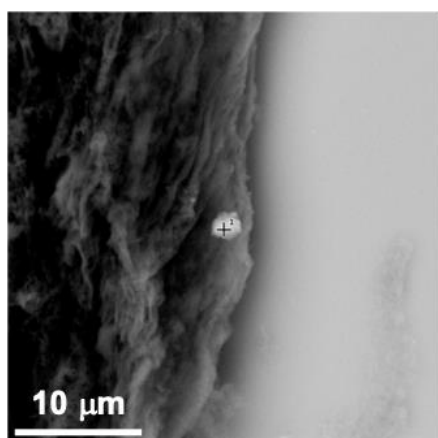


Fig. 3.39 - Due immagini acquisite nelle zone cerchiato di rosso di un epatopancreas di un esemplare cresciuto nel sito LA della piattaforma e raccolto nell'estate 2018. Le tabelle sotto le figure si riferiscono all'analisi elementare corrispondente. La particella brillante, di dimensione micrometrica, risulta ricca di silicio, mentre questo elemento si trova solo in tracce nell'immagine di destra acquisita sul corpo del tessuto.

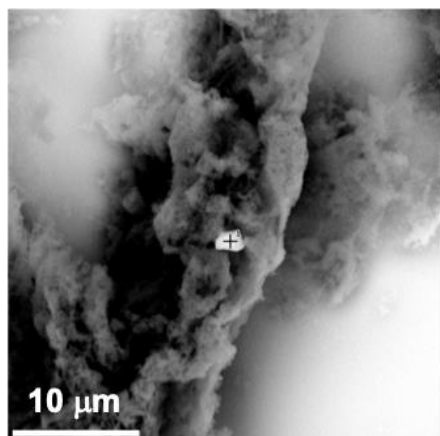
La situazione appena descritta è piuttosto simile anche nei casi seguenti e che si riferiscono, specificamente, a una sezione di epatopancreas di un diverso esemplare raccolto presso LA (fig. 3.40) e a un epatopancreas di un esemplare raccolto in VA (fig. 3.41). In entrambi i casi le particelle esogene, di dimensione micrometrica e forma irregolare, sono presenti come una singola struttura anziché come un cluster di nanomateriali. A parte queste somiglianze, va sottolineato che la composizione elementare delle due strutture è risultata differente. In particolare, nel caso del mitilo raccolto presso il

sito VA (fig. 3.41), oltre al silicio, la particella è risultata contenere anche una quantità non trascurabile di alluminio.



Element Symbol	Element Name	Weight Conc.
Si	Silicon	46.5
O	Oxygen	36.5
Ca	Calcium	4.99
Na	Sodium	4.33
C	Carbon	4.04
Mg	Magnesium	2.31
N	Nitrogen	0.71
S	Sulfur	0.48
P	Phosphorus	0.02

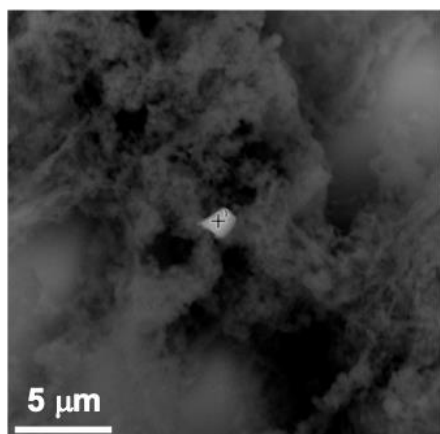
Fig. 3.40 - Particolare di un epatopancreas di un esemplare raccolto nel sito LA nell'estate 2018 in cui si osserva una struttura granulare con un forte contrasto rispetto al tessuto circostante. Le analisi EDX riportate in tabella consentono di individuarla come una nanostruttura a base di silicio.



Element Symbol	Element Name	Weight Conc.
O	Oxygen	56.08
C	Carbon	11.43
Si	Silicon	15.51
N	Nitrogen	5.67
Al	Aluminium	5.21
K	Potassium	5.08
S	Sulfur	0.52
P	Phosphorus	0.34
Na	Sodium	0.06
Mg	Magnesium	0.04
Ca	Calcium	0.06

Fig. 3.41 - Particolare di una regione di tessuto di epatopancreas appartenente ad un esemplare cresciuto nel sito vicino anodo e prelevato nell'estate 2018. In accordo con i dati di EDX riportati in tabella, la particella brillante presente al centro dell'immagine è verosimilmente un allumino-silicato.

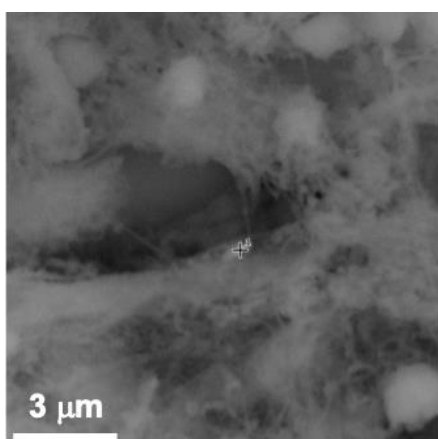
Le figg. 3.42 e 3.43, infine, si riferiscono alle osservazioni effettuate in sezioni di gonadi. Nella prima è riportata l'immagine di una regione di una gonade di un esemplare raccolto in LA. La regione contiene sia aree fibrose che zone con cellule e mostra chiaramente una particella di dimensione prossima ad un micron e di forma rozzamente cubica che sembra inclusa nel tessuto. La sua natura esogena è suggerita dal forte contrasto nell'immagine rispetto all'intorno biologico ed è confermata dall'analisi elementare che, nello specifico, ha evidenziato una forte presenza di silicio (probabilmente presente in una forma ossidata).



Element Symbol	Element Name	Weight Conc.
Si	Silicon	42.7
O	Oxygen	27.9
C	Carbon	17.8
N	Nitrogen	10.8
S	Sulfur	0.34
P	Phosphorus	0.32

Fig. 3.42 - Un'area di un tessuto di gonade di un esemplare raccolto lontano dall'anodo sacrificale nell'estate 2018 in cui si osserva una nanostruttura esogena molto brillante rispetto all'intorno biologico interpretabile come una struttura a base di silicio.

L'immagine dell'ultima nanostruttura esogena osservata in questo survey si riferisce a una nanoparticella contenente stagno (e silicio) osservata in una gonade di un esemplare cresciuto in LA (fig. 3.43).



Element Symbol	Element Name	Weight Conc.
Si	Silicon	71.94
O	Oxygen	13.68
C	Carbon	8.52
N	Nitrogen	3.25
Sn	Tin	2.01
Ca	Calcium	0.36
P	Phosphorus	0.24
S	Sulfur	0.00

Fig. 3.43 - Una struttura di dimensione sub-micrometrica osservata in una gonade di un esemplare raccolto nel sito VA in estate 2018. Lo spettro EDX, riportato in tabella, mostra la presenza di metalli esogeni come lo stagno. Anche la presenza di silicio è significativa, per cui potrebbe anche trattarsi di una particella composta.

La nanostruttura appare chiaramente protrudere da un grosso filamento che si trova in una ghiandola funzionale dell'organo il quale non appare morfologicamente perturbato dalla presenza dell'inquinante. In particolare, si notano con chiarezza diverse strutture tondeggianti di dimensione attorno ai 2 micron e che si riferiscono ai caratteristici acini delle gonadi in via di maturazione.

Oltre alle analisi SEM, sono state effettuate anche misure con microscopia AFM che però, analogamente ai monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019d), non hanno evidenziato

ulteriori nano-inquinanti nelle sezioni investigate.

In generale, dunque, i risultati delle indagini di chimica elementare condotte con spettroscopia EDX hanno rivelato la presenza di aggregati metallici o contenenti metalli nelle gonadi e nelle ghiandole digestive degli esemplari raccolti. Contrariamente a quanto osservato in precedenza, la varietà di metalli esogeni osservati nelle strutture esaminate è stata piuttosto modesta e limitata ad elementi piuttosto comuni come silicio, stagno e alluminio. È opportuno segnalare che nessuno dei casi in cui è stata osservata la presenza della nanostruttura ha evidenziato chiari danni alla tessitura dell'organo. Questi dati, complessivamente, suggeriscono un progressivo e importante miglioramento delle condizioni ambientali cui sono esposti i mitili, sebbene sia ancora presente un residuo effetto che si traduce in una residua osservazione di metalli esogeni.

Riassumendo, i dati relativi all'osservazione diretta di inquinanti metallici nanostrutturati, eseguita con tecniche di microscopia ad alta risoluzione (SEM ed AFM) e riportati in Tab. 3-XXXI in funzione del sito di raccolta (VA o LA) e dell'organo in cui sono avvenute le osservazioni, mostrano una sostanziale equivalenza tanto dei siti di raccolta quanto degli organi investigati. Infatti, sono state osservate nanostrutture esogene in 3 epatopancreas e in due gonadi, con 3 osservazioni nel sito LA e due nel sito VA. Curiosamente, la distribuzione degli inquinanti osservata è risultata analoga a quella osservata nel precedente campionamento della piattaforma (Fabi *et al.*, 2019d), a dimostrazione del fatto che le condizioni ambientali attorno alla struttura hanno raggiunto una condizione piuttosto stazionaria e normalizzata.

Tab. 3-XXXI - Tabella riassuntiva delle rilevazioni per visualizzazione diretta di inquinanti nanodimensionati nei tessuti di mitilo nel campionamento estivo del 2018. I dati corrispondono al n. di sezioni in cui si sono osservate nanoparticelle (che corrisponde al n. totale di osservazioni perché non sono mai state rivelate due o più nanostrutture esogene in aree diverse di una stessa sezione).

NANOMATERIALI	Elettra Estate 2018
LA	3
VA	2
Epatopancreas	3
Gonadi	2
Osservazioni totali	5
Osservazioni in gonadi	2
Osservazioni in epatopancreas	3

3.6. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.6.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

Nel 9° survey post lavori di installazione condotto nell'estate 2018 il trend della densità relativo al transetto A ha presentato un incremento da A1 ($59,83 \pm 2,06$ ind/0,095 m²) a EL NW ($183,17 \pm 10,12$ ind/0,095 m²) per poi decrescere in modo disomogeneo sino ad A8 dove è stato raggiunto un valore simile ad A1 ($66,17 \pm 8,14$ ind/0,095 m²; fig. 3.44). I siti posti entro 60-120 m di distanza da Elettra hanno presentato densità maggiori rispetto a quelle dei controlli, oscillate tra $68,33 \pm 8,37$ (K1) e $106,00 \pm 6,03$ ind/0,095 m² (K3).

Lungo B, invece, l'indice ha presentato delle fluttuazioni nella sua porzione settentrionale e una riduzione dalla piattaforma sino a B7. In questo caso, i valori maggiori sono stati raggiunti nei siti EL (EL NE: $148,67 \pm 8,85$; EL SW: $143,33 \pm 5,15$ ind/0,095 m²) e B3 ($144,67 \pm 12,96$ ind/0,095 m²), uniche stazioni del transetto con valori superiori al range dei controlli.

Rispetto all'inverno 2018 (Fabi *et al.*, 2019d) degni di nota sono gli incrementi registrati in A5, A7 e B7.

Per quanto riguarda la distribuzione delle densità tra le specie (Tab. 3-XXXII), anche nell'ultimo monitoraggio le quantità maggiori sono state registrate ovunque per i policheti della famiglia Paraonidae; da rilevare, rispetto ai survey precedenti, sono le densità ottenute per il polichete *Owenia fusiformis*, aumentate praticamente ovunque ma in modo particolare in un raggio di 120 m dalla struttura lungo il transetto A, in B3 e nei siti a SW sino a B7. Come precedentemente altri taxa rappresentati da un buon numero di esemplari sono *Ophelina cylindricaudata* e *Paradiopatra calliopae* e i nemertini.

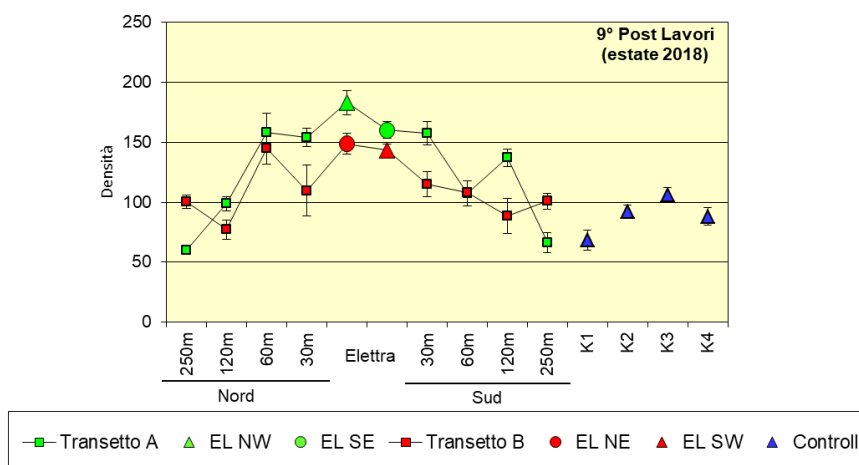


Fig. 3.44 – Densità (\pm e.s.) registrate nell'estate 2018.

Tab. 3-XXXII – Continuo.

Stazione	Bioc.	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	EL NW	EL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	EL NE	EL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Policheti																									
<i>Aponuphis brementi</i>	Lim		3,33	7,00	11,33	7,33	7,33	11,67	5,67	1,83		0,83		4,83	4,00	8,17	9,33	2,50	2,00	0,33	0,17			1,50	
<i>Capitellidae</i> nd		1,33	0,33			0,33	0,17			0,33	0,50	0,83	0,33						0,33	0,17	0,17	1,00	1,00	1,67	
<i>Chaetopteridae</i> nd			2,00	1,33	1,17	2,00	1,33	1,00	1,00				0,17	2,00	1,00	1,17	1,83	1,00	0,83	0,50					
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,17	0,33	0,17	0,33	0,17	0,83	0,33	0,33		0,33	0,17			0,33	0,50			0,17	0,33	0,50				
<i>Chirimia biceps</i>	MO					0,17		0,17	0,33					0,17		0,17		0,17					0,17	0,17	
<i>Cirratulidae</i> nd		0,33	0,33	0,17	0,17					0,33		0,33										0,17	0,33	0,17	
<i>Cossura soyeri</i>	Lim							0,17						0,17											
<i>Ditrupa arietina</i>	MI	0,17	0,83	4,83	2,83	2,17		1,83	0,83	1,00			0,33	3,33	1,00		2,83	0,50	0,50	0,67			0,17		
<i>Dorvillea rudolphii</i>	HP					0,83	1,17	0,50							0,50	1,00	0,33								
<i>Drilonereis filum</i>	Lim	0,17			0,17						0,17	0,17								0,17			0,17		
<i>Euclymene oerstedii</i>	SFBC																				0,17				
<i>Eupanthalis kinbergi</i>	DE										0,17														
<i>Filograna</i> sp				0,17	0,17																				
<i>Flabelligeridae</i> nd																							0,17		
<i>Glycera alba</i>	Lim	0,17	0,33	0,17	0,50	0,33	0,50	0,17	0,83	0,67	0,17		1,00	0,17	0,17	0,17	0,50	0,17	0,50	0,67	0,67	0,17	0,33	0,17	
<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,17	0,17	0,83	1,33	2,00	1,17	0,83	0,17	1,00	0,33	0,17	0,83	0,50	0,67	0,83	0,17	0,83	0,83	0,67		0,17	0,33	0,33	
<i>Glycera</i> sp		1,00	0,83	1,83	1,67	1,83	1,50	1,67	2,17	1,83	0,17	1,33	2,00	1,67	1,50	1,67	0,83	1,00	2,33	1,00	1,17	1,33	1,50	1,00	
<i>Glycera tessellata</i>	Sd		0,67	1,83	1,50	1,50	1,50	1,83	0,50	1,17		0,33	0,50	0,83	0,17	1,83	2,50	0,50	1,50	1,17	0,33	0,33	0,50	0,33	
<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC								0,17	0,17				0,17											
<i>Goniada maculata</i>	VTC		0,33	0,33	0,50		1,00	0,67	0,33	0,67				0,17	1,17	0,17	2,33	1,67	1,00	1,33			0,33	0,67	
<i>Harmothoe</i> sp								0,33			0,17			0,17		0,17	0,83	0,17			0,17			0,17	
<i>Hydroides elegans</i>	Sd					1,00	0,50								0,83	0,17									
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd					0,83	2,67								0,67	1,50	0,83	0,17							
<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC	0,17		0,17					0,33	0,17	0,33									0,33			0,17		
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,33		0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	0,33	0,67	0,17	0,50	0,17	0,50		0,33	0,67	0,17	1,33			0,33	0,50	0,17	
<i>Magelona alleni</i>	VTC			1,00	0,83	0,33	1,50	0,67	0,17	0,33				0,33	0,17	0,33	0,33							0,17	
<i>Maldanidae</i> nd					0,17	0,17	0,33	0,17	0,17	0,17				0,17				0,17		0,17				0,17	
<i>Malmgreniella lunulata</i>	DE				0,17	0,17										0,17									
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,00	0,83	0,83	0,83	0,50	0,67	0,50	1,00	0,83	0,67	1,00	0,67	0,33	0,50	0,50	1,17	0,67	0,67	0,50	1,33	0,83	1,17	0,83	
<i>Melinna palmata</i>	Minut	0,33				0,50		0,17	0,17				0,17	0,17	0,17	0,17						0,17	0,17	0,33	
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	Sab					0,17							0,17	0,17	0,17	0,17		0,17							
<i>Micronephtys stammeri</i>	VTC				0,17								0,17	0,17			0,83								
<i>Minuspia cirrifera</i>	MO	0,33	0,33	0,33	0,50						0,17	0,17			0,17				0,17	0,67	0,50	0,33	0,17	0,17	
<i>Nematonereis unicornis</i>	Mixt																						0,17		
<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC					0,17												0,17				0,17		0,17	
<i>Nephtys hystricis</i>	VTC	0,17	0,33	0,17		0,17	0,17	0,83	0,83	0,83	0,50	0,83	0,17	0,17		0,50	0,33		0,33	0,33	0,17	0,33	0,17	0,50	
<i>Nereididae</i> nd				0,17	0,17	0,67	1,00	0,17	0,33	0,33									0,17					0,17	
<i>Ninoe</i> sp				0,67	0,33			0,67		0,83				0,17	0,50	0,50		0,33	0,67	0,33	0,50	1,33	0,50	0,50	
<i>Notomastus aberans</i>	MO	2,17	0,33	0,33	0,67	0,50		0,33	0,50		0,83	3,00	0,67	0,17		1,00	0,17	0,33		0,50	0,67	2,83	2,50	0,67	
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	4,50	1,17	0,67	0,50	0,33	0,83	0,83	0,67	0,33	4,33	7,67	1,50	1,00	0,83	0,83	0,67	0,17	0,50	1,33	6,00	3,17	7,50	10,00	
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab	0,17	0,17	0,17	0,83	0,67	0,50	0,17	0,17	0,83	0,17	0,50	0,17	0,17	0,33	1,33	0,83		0,17	0,17	0,33	0,83	0,17	0,33	
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC		9,83	22,00	16,33	45,33	21,67	21,00	16,67	28,67	0,33	0,83	0,50	39,33	3,83	3,83	20,17	23,33	22,50	9,17	0,33			0,17	
<i>Paradiopatra calliopeae</i>	Lim	2,67	7,00	12,83	12,17	8,67	4,33	9,50	7,67	4,50	2,33	6,00	4,00	10,17	6,33	7,50	7,83	13,83	7,17	7,17	13,17	3,00	2,17	8,67	
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,67	1,00	0,50	0,33	0,33	1,17	0,17	0,50	0,67	1,33	0,67	0,33	0,33	0,50	0,50	0,17	0,67	1,00	0,67	1,83	1,83	1,83	1,67	
<i>Paraonidae</i> nd		17,17	24,17	40,67	39,50	31,17	41,50	42,00	26,83	32,17	23,33	28,00	29,00	20,00	44,50	45,50	25,50	23,83	21,50	24,17	40,67	20,83	31,67	41,67	
<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC	0,17									0,17			0,17							0,17	0,17			
<i>Pectinaria koreni</i>	Sab					0,33	0,67	0,33								0,17	0,50							0,17	
<i>Phyllodoce</i> sp												0,17			0,17	0,17						0,17			
<i>Phyllodocidae</i> nd			0,17		0,17	0,17	0,17	0,17		0,17	0,17	0,17	0,33	0,17		0,17								0,17	
<i>Phylo foetida</i>	SVMC	0,17																						0,17	
<i>Pilargidae</i> nd		1,50	0,67	1,17	0,67	0,50	1,33	1,83	0,83	2,00	1,00	2,00	1,17	0,33	0,50	1,17	1,50	0,83	1,17	1,33	0,67	1,17	1,83	2,17	

Tab. 3-XXXII – Continuo.

Stazione	Bioc.	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	EL NW	EL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	EL NE	EL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Policheti																									
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab						0,50		0,50	0,17	0,17	0,17									0,17		0,17	0,17	0,33
<i>Pista cristata</i>	Lim														0,17		0,17								
<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC			1,67	0,67	0,83	1,33	1,33	0,50	1,83		0,67	0,17	1,17	0,17	1,00	3,17	1,00	0,83	0,17	0,50		0,67	0,33	
<i>Pomatoceros triqueter</i>	Sd			0,17		0,50	1,33								0,50	0,17	0,17								
<i>Prionospio ehlersi</i>	Mixt													0,17											
<i>Prionospio sp</i>		0,17	0,33	0,33					0,50	0,33	0,17	0,50	0,50	0,33	0,17	2,17	0,33	0,67	0,17	0,50	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00
<i>Prionospio steenstrupi</i>	Lre	0,17				0,17													0,17						
<i>Protula sp</i>						0,17																			
Sabellidae nd		0,33	2,50	2,67	2,83	1,50	1,33	2,50	1,50	2,83	1,17	3,00	1,50	3,83	0,83	3,67	2,00	2,67	3,50	3,00	0,83	1,00	1,67	2,83	0,67
<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim	0,33	0,17	0,17				0,17		0,33	0,17	0,17				0,33	0,33	0,17			0,17	0,17	0,50	0,17	
<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt	0,17		0,33			0,33			0,17		0,67		0,33							0,33		0,17	0,50	0,17
<i>Scoletoma sp</i>		0,50	0,67	0,67		0,50	0,50	1,00		0,17	0,50	1,17	0,17	0,33	0,17	0,50	0,33	0,17	0,17	0,17	0,67	0,50	0,67	0,33	0,50
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	1,33	0,17			0,67	0,67	0,33		0,67	1,33	0,33	0,17				0,33		0,17	0,83	0,83	2,83	1,17	2,00	
<i>Serpula concharum</i>	Sd				0,17	0,17	0,17																		
<i>Serpula vermicularis</i>	AP				0,17	0,67	0,50								0,33	1,00	0,50								
Serpulidae nd					0,17		0,17									0,17									
<i>Sigambra tentaculata</i>	Mixt			0,50	0,83	0,50	1,17							0,50					0,17						
Sphaerodoridae nd				0,17					0,17	0,17				0,17									0,33		
Spionidae nd		1,50	2,50	3,17	1,67	1,17	1,33	0,83	1,67	3,00	2,00	2,00	4,00	2,67	1,00	2,67	2,67	1,17	1,33	4,17	2,50	2,67	4,17	2,50	2,00
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC	0,17	0,17								0,17	0,17				0,33				0,17	0,50	0,17	0,67	0,33	0,33
<i>Sternaspis scutata</i>	VTC							0,33												0,33					
Syllidae juv			0,17	0,50		2,33	0,33				0,33		0,17			0,17	0,17	0,50		0,33				0,17	0,17
<i>Syllis parapari</i>	SFBC															0,17	0,50		0,17					0,17	0,17
<i>Syllis sp</i>			0,17	0,33	0,50	0,17		0,50						0,67		0,33	0,50	0,17		0,17					0,17
Terebellidae nd		0,17			0,17	0,50	0,17	0,17		0,17	0,17		0,83	0,17		0,50	0,50	0,33		0,17			0,17	0,33	
<i>Terebellides stroemi</i>	MO				0,17	0,33	0,17													0,17		0,17			
<i>Vermiliopsis infundibulum</i>	DC					0,33									0,17	0,50									
Poriferi																									
Porifera nd						0,17																			
Sipunculidi																									
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO			0,17	0,33	0,17	0,67						0,17	1,17		0,17	0,50	0,17	0,33				0,17		0,17
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	1,33	3,83	4,50	5,00	4,33	2,83	5,00	2,50	2,83	1,50	1,67	1,50	2,83	4,00	3,67	3,83	3,50	2,50	3,00	3,00	1,17	1,17	1,83	1,00
<i>Phascolion strombus</i>	Lre								0,17						0,17			0,83							
Sipuncula nd		2,00	4,33	4,67	6,00	3,83	5,17	3,67	2,17	4,33	3,17	3,00	2,50	5,83	1,33	2,83	3,50	3,50	1,83	2,67	3,50	2,17	2,67	2,83	1,67
Densità totale		59,83	98,67	158,00	154,00	183,17	160,17	157,50	107,50	137,00	66,17	100,50	77,17	144,67	109,67	148,67	143,33	115,17	108,33	88,83	100,83	68,33	92,33	106,00	88,17
Ricchezza specifica totale		63	68	72	74	95	89	86	65	80	57	75	69	82	76	100	90	79	74	63	61	54	69	60	70

Per quanto concerne la Biomassa (fig. 3.45, Tab. 3-XXXIII), come in tutti i campionamenti precedenti (Fabi *et al.*, 2019d) anche in estate 2018 i valori sono stati in generale piuttosto modesti, ma si sono registrati dei picchi caratterizzati da un'elevata variabilità sia lungo i transetti che al controllo K1. Il massimo assoluto è stato rinvenuto in A5 risultato confrontabile, nonostante l'elevato errore standard ($53,01 \pm 35,27 \text{ g}/0,095 \text{ m}^2$), con K1 ($10,66 \pm 8,57 \text{ g}/0,095 \text{ m}^2$). Tale massimo è stato determinato dal rinvenimento di un esemplare di *Brissopsis atlantica mediterranea* e di *Echinus melo* (fig. 3.46) che, da soli, hanno rappresentato il 98,8% della biomassa totale di A5.

B. atlantica mediterranea è risultato determinante anche per i picchi dei siti B1, B4 e K1; in EL SE, invece, ha inciso soprattutto *M. galloprovincialis*.

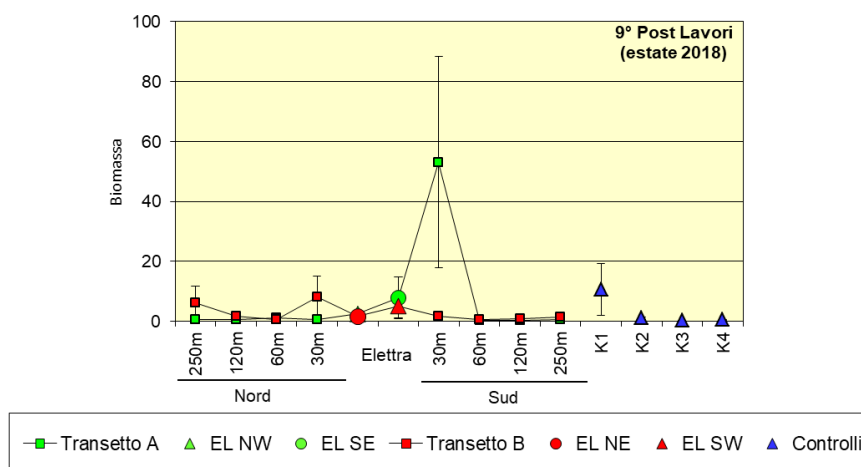


Fig. 3.45 – Biomassa (\pm e.s.) registrata nell'estate 2018.



Fig. 3.46 – Esempi di *Brissopsis atlantica mediterranea* (a sx) e di *Echinus melo* (dx) rinvenuti nel sito A5 nell'estate 2018.

Tab. 3-XXXIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	EL NW	EL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	EL NE	EL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Molluschi																								
Bivalvi																								
<i>Coralliophaga lithophagella</i>		*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*				*
<i>Corbula gibba</i>																0,001								
<i>Hemilepton nitidum</i>																0,001				*				
<i>Hiattella arctica</i>					0,004	0,005	*	*	*	*	0,020	*	*	0,001	0,006	0,003				*				
<i>Kellia suborbicularis</i>	*											*	*	*	*	*	*	*	*	*				
<i>Kelliella abyssicola</i>				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
<i>Kurtiella bidentata</i>		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
<i>Lucinella divaricata</i>						*	*	*	*	*										*				
<i>Mimachlamys varia</i>					0,004										0,005								*	
<i>Modiolarca subpicta</i>					0,001									*	*	0,001	*							
<i>Modiolula phaseolina</i>					*				*	*				*	*	*								
<i>Modiolus barbatus</i>						0,001	*		*	*				*	*	*								
<i>Musculista senhousia</i>																								
<i>Myrtea spinifera</i>			0,002		0,001		0,001	*	*	*				0,001	*	*	*			*				
<i>Mytilus galloprovincialis</i>						6,831										3,506	1,193			*				
<i>Neopycnodonte cochlear</i>					1,582	0,044										0,440				*				
<i>Nucula nitidosa</i>	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*
<i>Nucula sulcata</i>																			0,065	*		0,237		
<i>Parvicardium minimum</i>		*				*									*	*	*	*	*	*				
<i>Pinctada radiata</i>	*														*	*	*	*	*	*				
<i>Pitar rudis</i>															*	*	*	*	*	*				
<i>Plagiocardium papillosum</i>															*	*	*	*	*	*				
<i>Paramyo granulata</i>														0,003	*	*	*	*	*	*				*
<i>Tellina distorta</i>					*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*				
<i>Tellina serrata</i>					*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*				
<i>Thyasira biplicata</i>		0,007	0,022	0,001	0,033	0,005	0,020	0,001	*	*			*	0,013	0,023	0,025	0,001	*	*	*	0,001		0,001	*
<i>Thyasira subovata</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Thyasira succisa</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Timoclea ovata</i>		0,002	*	0,002	0,001	0,001	0,004	0,004	0,003	*	*	*	0,008	0,006	0,001	0,001	0,007	0,002	0,005	*	*	*	*	
<i>Venerupis aurea</i>																				*				
Caudofoveati																				*				
<i>Falcidens gutturosus</i>	*	*	0,002	0,001	0,002	0,003	0,004	0,001	0,001	*	*	*	*	0,001	0,002	0,006	*	0,001	*	*	*	*	*	*
Gasteropodi																				*				
<i>Acteon tornatilis</i>								*	*	*				0,001	*	*	*	*	*	*				
<i>Alvania sp</i>								*	*	*										*				
<i>Bela brachystoma</i>			0,001	0,001			*	0,001	*	*				0,001	0,001	0,001	*	*	*	*	0,001			
<i>Bittium latreillii</i>																				*				
<i>Epitonium pulchellum</i>			0,003	*												*	*	*	*	*				
<i>Hyalia vitrea</i>	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	*	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
<i>Mangella coarctata</i>								0,002	0,002	*										*				
<i>Melanella palata</i>									*	*										*				
<i>Nassarius nitidus</i>					*	*	*	*	*	*										*				
<i>Nassarius pygmaeus</i>					0,001	*	*	*	*	*						0,003				*				
<i>Palinices nitida</i>						0,004	*	*	*	*						0,006	0,002			*				
<i>Trochophorus muricatus</i>						0,005	*	*	*	*					0,008	0,007				*				
<i>Turritella communis</i>		0,005	0,005		0,011		0,018	0,005	0,012	*	0,054		0,059	0,001		*	0,048	0,095		*	0,027			0,025
<i>Antalis inaequicostata</i>									*	*										*				
Scafopodi																				*				
Nemertini																				*				
<i>Nemertea nd</i>	0,031	0,001	0,005	0,002	0,012	0,008	0,003	0,002	0,001	0,034	0,002	0,004	0,002	0,001	0,011	0,056	0,001	0,002	0,007	0,051	0,006	0,026	0,003	
Pantopodi																				*				
Picnogonidi																				*				
<i>Pycnogonida nd</i>											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*
Policheti																				*				
<i>Ampharete acutifrons</i>	*	*	0,001	0,002	0,003	0,001	*	*	0,001	*	0,001	*	*	0,001	*	0,001	*	0,001	*	*	*	*	*	*
<i>Ampharetidae nd</i>	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	0,001	*	*	*	*	0,001	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*
<i>Amplicteis gunneri</i>							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001
<i>Ancistargis hamata</i>									0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	0,001	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Aphroditidae nd																			*					
<i>Aponuphis bilineata</i>			0,005											0,003	0,001					0,002				
<i>Aponuphis brementi</i>		0,127	0,302	0,322	0,236	0,273	0,328	0,137	0,023	*	0,013		0,153	0,137	0,310	0,407	0,061	0,052	0,007	0,008		0,023	*	
Capitellidae nd		0,002	0,000			*			0,002	*	0,001	*						0,001	*	*	0,001			*
<i>Chaetopteridae nd</i>		0,087	0,021	0,014	0,041	0,034	0,012	0,022	0,001	*	0,001	0,002	0,014	0,054	0,014	0,030	0,006	0,009	0,256	*	0,003			
<i>Chaetozone caputesocis</i>	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	*	0,001	0,001	0,001	*	0,001	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chirimia biceps</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cirratulidae nd																			*					
<i>Cassura soyeri</i>							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ditrupea arietina</i>	*	0,001	0,001	0,001	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Darvillea rudolphii</i>					*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Drilonereis filium</i>	*			0,001			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Euclymene oerstedii</i>																				*		0,007		
<i>Eupanthalis kinbergi</i>										0,142										*				
<i>Filograna sp</i>			*	*																*				
Flabelligeridae nd																				*				
<i>Glycera alba</i>	0,001	0,009	0,003	0,014	0,006	0,003	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002	0,006	0,017	0,021	0,001	0,095	0,095	0,007	0,001	0,005	*	0,001	
<i>Glycera rouxii</i>	0,002	0,019	0,004	0,005	0,080	0,030	0,019	0,001	0,052	0,260	0,004	0,001	0,036	0,115	0,159	0,143	0,228	0,056	0,008	0,001	0,002	0,002	0,036	
<i>Glycera sp</i>	0,001	*	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	*	*	*	*	*	
<i>Glycera tessellata</i>		0,003	0,009	0,011	0,003	0,011	0,008	*	0,003	*	0,001	*	*	0,012	0,015	0,001	0,005	0,002	0,003	0,001	0,005	*		

Tab. 3-XXXIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	EL NW	EL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	EL NE	EL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4		
Distanza dalla piattaforma (m)	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000		
Policheti																										
<i>Melinna palmata</i>	*				0,003		*	*			*	*	*	0,002	*						*	*	*	*		
<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>					*						*	*	*		*						*	*	*	*		
<i>Micronephthys stammeri</i>				*							*	*	*		*						*	*	*	*		
<i>Minuspio cirrifera</i>	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*		
<i>Nematoneis unicornis</i>																										
<i>Nephtys hombergi</i>					0,004													0,011			0,004		0,009			
<i>Nephtys hystrix</i>	0,000	0,003	*	*	*	*	0,038	*	0,006	0,002	0,015	0,001	*		0,001	0,004		*	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003		
<i>Nereididae nd</i>			*	*	*	0,001	*	*	*					0,001				*	*	*	*	*	*	*		
<i>Ninae sp</i>			0,001	0,001			0,005		0,002		*	*	*	*	*		0,002	0,002	0,002	0,004	0,003	0,002	0,003	0,002	0,006	
<i>Notomastus aberans</i>	0,015	0,007	0,003	0,005	0,004	*	0,014	0,013	*	0,013	0,013	0,008	0,002	*	0,015	0,001	0,004	0,003	0,007	0,019	0,018	0,008	0,015			
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	0,000	*	*	*	*	0,001	*	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
<i>Ophiotromus flexuosus</i>	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,000	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Owenia fusiformis</i>		0,006	0,013	0,013	0,036	0,023	0,023	0,006	0,013	*	*	*	0,015	0,003	0,014	0,020	0,007	0,008	0,002	*	*	*	*	*		
<i>Paradiopatra calliopeae</i>	0,002	0,013	0,025	0,021	0,021	0,016	0,021	0,009	0,009	0,002	0,004	0,003	0,021	0,027	0,025	0,014	0,026	0,014	0,008	0,011	0,001	0,002	0,006	0,006	0,006	
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	0,001	*		
<i>Paraonidae nd</i>	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,005	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003	
<i>Paraprionospio pinnata</i>	*									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pectinaria koreni</i>					0,005	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,011	*	*	*	*	*	*	0,028	*	*	*
<i>Phyllodoce sp</i>					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Phyllodoceidae nd</i>		*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	0,006	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Phylo foetida</i>	0,006	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargidae nd</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pista cristata</i>																										
<i>Poecilochetus serpens</i>			0,002	*	*	0,002	0,002	0,001	0,003	*	*	0,001	0,001	0,064	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
<i>Pomatoceros triquetter</i>			*	*	0,002	0,009	*	*	*	*	*	*	*	*	0,002	0,003	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Prionospio ehlersi</i>																										
<i>Prionospio sp</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Prionospio steenstrupi</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Protula sp</i>					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sabellidae nd</i>	*	*	*	0,001	0,003	*	*	*	*	*	*	0,003	0,001	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*
<i>Scalibregma inflatum</i>	0,001	*	*	*	*	*	0,001	*	0,002	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Scoletoma impatiens</i>	*	*	*	*	*	0,003	*	*	*	*	0,001	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001
<i>Scoletoma sp</i>		0,001	0,001		0,002	0,001	0,009	*	0,002	*	0,012	0,007	*	0,001	0,002	*	0,001	*	*	*	0,008	0,008	*	0,004		
<i>Scoloplos armiger</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Serpula concharum</i>				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Serpula vermicularis</i>				*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Serpulidae nd</i>				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sigambra tentaculata</i>				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sphaerodoridae nd</i>				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Spionidae nd</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sternaspis scutata</i>							0,014	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,015	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Syllidae juv</i>		*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Syllis parapari</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Syllis sp</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Terebellidae nd</i>	0,001			*	0,011	0,014	0,001	*	0,002	*	0,002	*	*	0,141	0,015	0,001	*	0,019	*	*	0,002	0,001	*	*		
<i>Terebellides stroemi</i>				0,002	*	0,025	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Vermilopsis infundibulum</i>					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Poriferi					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Porifera nd</i>															0,003											
Sipunculidi																										
<i>Aspidosiphon muelleri</i>			0,017		0,001	0,003	0,017				0,002	0,007			0,002	0,023	0,002	0,002	0,004	0,003	0,001	*		0,004		
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,001	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,007	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	
<i>Phascolion strombus</i>																										
<i>Sipuncula nd</i>	0,006	0,005	0,004	0,005	0,004	0,018	0,004	0,002	0,007	0,004	0,005	0,002	0,011	0,001	0,044	0,013	0,004	*	0,007	0,002	0,006	0,002	0,001	0,001	0,001	
Biomassa totale	0,5215	0,5951	1,0957	0,5554	2,4649	7,8546	53,006	0,4278	0,3454	0,6462	6,0306	1,8273	0,6373	8,222	1,6247	5,072	1,7018	0,5516	0,7819	1,3153	10,661	1,011	0,2986	0,4866		
Ricchezza specifica totale	63	68	72	74	95	89	86	65	80	57	75	69	82	76	100	90	79	74	63	61	54	69	60	70		

3.6.2. AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Analogamente a quanto osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d) i popolamenti rinvenuti nell'estate 2018 sono risultati composti per la maggior parte da taxa di fondo mobile (Tabb. 3-XXXIVa e 3-XXXIVb), in particolare quelli legati alla presenza di fango (Lim) che hanno rappresentato ovunque il gruppo biocenotico con la maggior quantità di specie. Come Ricchezza specifica (Tab. 3-XXXIVa), i Lim sono stati seguiti dagli indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti (MO) e/o dai sabulicoli (Sab). Da rilevare, come anche precedentemente, l'incremento dei taxa caratteristici di fondali duri nei siti corrispondenti alla piattaforma e in quelli a 30 m da essa, ai quali se ne aggiungono altri a Larga ripartizione ecologica ma comunque affini ai substrati rocciosi

come, ad esempio, *Anomia ephippium*.

Anche quando si considera il numero di organismi (Tab. 3-XXXIVb) i Lim sono risultati i più numerosi eccetto in qualche stazione in cui sono stati superati dai Sab. Anche in termini di densità gli organismi di fondo duro hanno presentato valori superiori entro 30 m dalla piattaforma.

Tab. 3-XXXIV – Numero di specie (a) e individui (b; n. ind/0,095 m²) suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXXII.

a)	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	EL NW	EL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	EL NE	EL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Substrato mobile non rinov. in letter. (Sm)				1			1		2			1	2	1	1	1		1						
Limicoli (Lim, VTC, VB)	22	22	22	20	20	20	28	21	25	18	27	21	24	20	23	22	23	24	21	21	20	24	18	20
Sabulicoli (Sab, SFBC)	4	3	5	4	9	7	6	6	6	5	7	3	9	2	11	8	5	7	4	5	3	8	5	8
Misticoli (Mxt, DC, DE, DL)	5	6	4	7	8	7	6	4	8	4	4	7	7	10	11	6	5	8	3	7	3	4	5	3
Fondi Mobili Instabili (MI)	1	2	2	2	3	1	2	3	2		1	1	2	2	1	2	2	2	1				2	
Minuticoli (Minut)	1				1		1	1					1	1	1							1	1	1
Indicatori di Materia Organica (MO)	7	6	8	7	8	6	8	6	4	6	6	5	7	6	8	6	8	7	6	5	7	7	7	6
Substrato duro (Sd, C, AP, HP)	2	4	3	7	14	15	6	2	4	1	4	3	3	10	15	16	7	2	4	2	1	2	2	3
Larga ripartizione ecologica (Lre)	5	4	4	4	7	7	5	5	3	2	3	3	4	3	5	7	8	3	2	2	2	2	1	3

b)	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	EL NW	EL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	EL NE	EL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Substrato mobile non rinov. in letter. (Sm)				0,17			0,17		0,50				0,33	0,83	0,33	0,33	0,33		0,33					
Limicoli (Lim, VTC, VB)	16,67	26,17	41,00	44,83	41,67	35,00	46,33	29,50	25,83	16,50	29,33	15,83	32,83	24,17	41,83	41,83	32,50	24,67	20,00	30,33	15,67	22,83	31,00	23,67
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,83	10,17	23,00	18,33	48,33	24,17	22,83	18,00	30,67	1,00	2,50	0,83	41,67	4,17	7,17	23,33	24,00	25,00	10,00	1,17	1,67	2,00	1,33	3,17
Misticoli (Mxt, DC, DE, DL, SVMC)	1,33	2,00	1,83	4,67	4,33	3,50	2,00	1,00	2,17	2,00	2,00	2,67	3,17	3,67	2,83	3,83	1,50	1,83	1,00	1,83	1,17	0,67	1,33	0,67
Fondi Mobili Instabili (MI)	0,17	1,00	5,17	3,83	3,00	0,17	3,67	1,67	1,50		0,33	0,33	3,67	1,67	0,17	4,17	1,00	1,00	0,83	0,17				0,50
Minuticoli (Minut)	0,33				0,50		0,17	0,17			0,17		0,17	0,17	0,17							0,17	0,17	0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	6,50	7,83	9,33	10,00	8,33	6,67	8,50	3,83	9,00	5,67	10,17	6,67	5,33	6,17	10,00	5,00	4,50	6,67	7,17	6,67	10,83	11,17	9,83	11,67
Substrato duro (Sd, C, AP, HP)	1,00	1,67	2,83	3,17	10,50	11,17	3,67	1,17	2,17	0,50	1,67	0,83	2,00	3,83	11,17	9,67	2,17	1,83	1,67	0,50	0,33	0,67	0,50	1,00
Larga ripartizione ecologica (Lre)	3,00	3,00	2,00	2,83	4,33	5,67	3,50	3,83	5,00	0,83	2,50	1,00	5,67	5,83	2,83	4,00	5,50	3,50	2,50	1,17	1,00	3,17	1,17	2,33

3.6.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica della dominanza sono stati considerati i 15 taxa che nell'estate 2018 hanno costituito complessivamente il 64% delle comunità bentoniche rinvenute nelle diverse stazioni di campionamento, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.47).

Come già dalla fase antecedente la realizzazione della piattaforma (Fabi *et al.*, 2019d), i policheti Paraonidae nd sono risultati il taxon principale seppure con qualche eccezione.

E' risultata nna novità rispetto ai monitoraggi precedenti la dominanza del polichete sabulicolo *O. fusiformis* che, lungo i transetti, ha rappresentato dallo 0,5% (A8) al 24,8% (EL NW) e dallo 0,3% (B8) al 27,2% (B3) lungo B. Questa specie ai controlli è stata rinvenuta solo in K3 e K4 dove ha costituito percentuali irrisorie (0,2%).

Gli altri taxa riportati in fig. 3.47 hanno rappresentato al massimo il 13% (*Paradiopatra calliope*; B8).

Un aspetto già sottolineato precedentemente è la presenza in corrispondenza di Elettra e nei siti a 30 m di alcuni taxa tipici di fondo roccioso che tuttavia, nell'ultimo monitoraggio, hanno costituito porzioni esigue dei popolamenti.

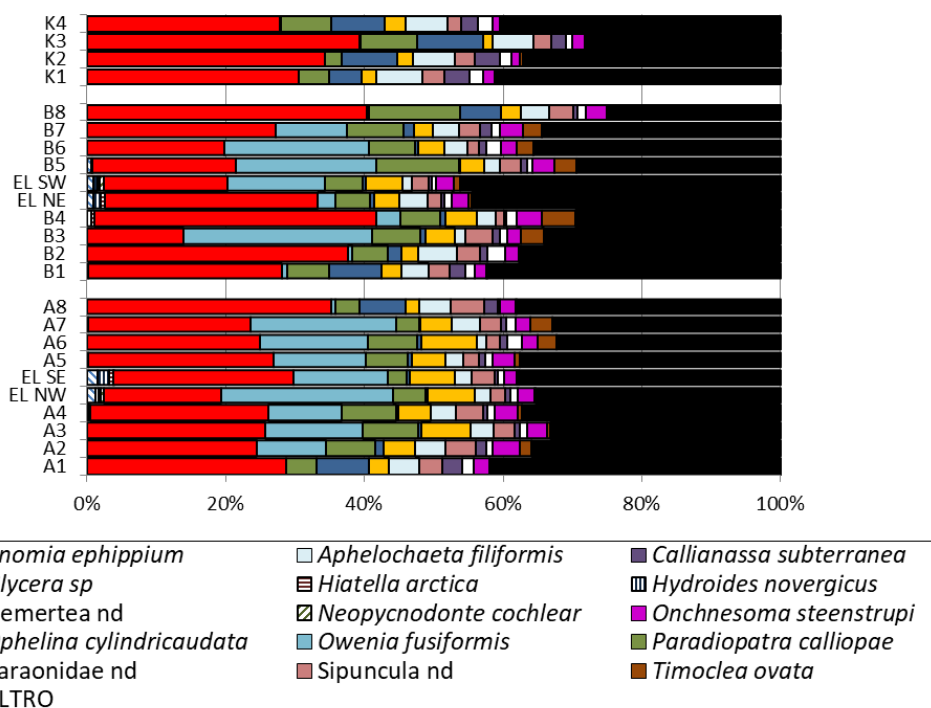


Fig. 3.47 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nell'estate 2018.

Le curve di dominanza cumulativa hanno evidenziato una generale omogeneità tra i siti, anche se quelle relative alle stazioni a ridosso di Elettra appaiono tutte leggermente staccate dalle altre per il maggior numero di taxa secondari (fig. 3.48).

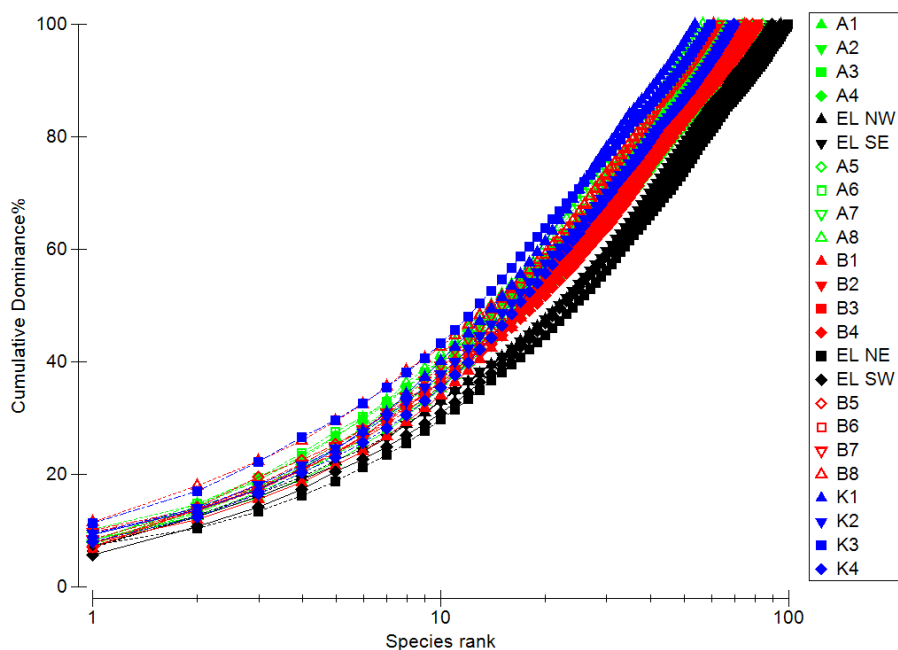


Fig. 3.48 - Curve di dominanza cumulative ottenute nell'estate 2018.

3.6.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nel 9° survey post lavori nell'area indagata sono stati rinvenuti complessivamente 222 taxa appartenenti soprattutto a policheti (87), crostacei (56) e molluschi (49) come nei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019d). Questo valore rappresenta il massimo assoluto dell'intero periodo di produzione di Elettra.

Per quanto concerne le singole stazioni (fig. 3.49), lungo entrambi i transetti l'indice ha raggiunto i valori maggiori presso la piattaforma, presentando decrementi più o meno lineari all'aumentare della distanza. I controlli, dove S è oscillata tra 54 e 70, sono apparsi comparabili ai siti dei transetti posti ad almeno 60-120 m da Elettra.

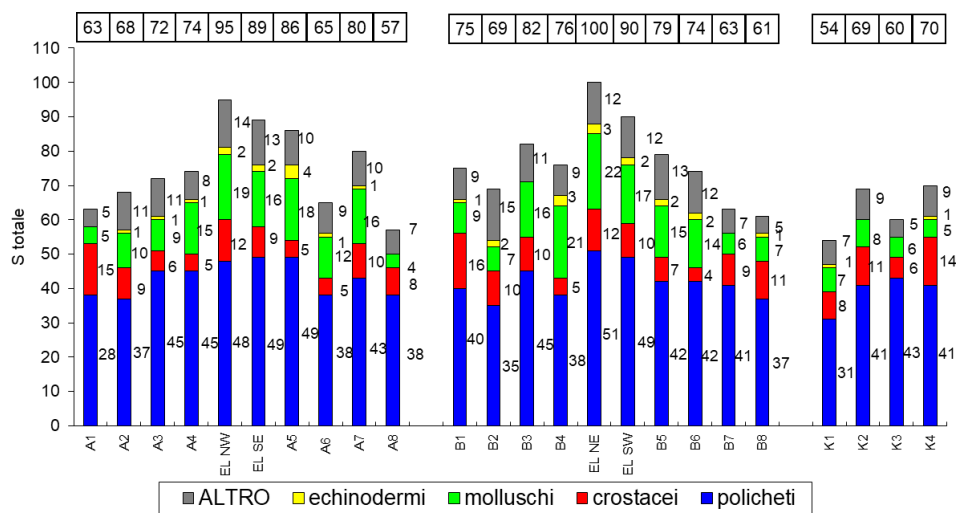


Fig. 3.49 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'estate 2018. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

Si evidenzia la presenza esclusiva di 19 taxa di fondali rocciosi nei 4 siti EL e/o in quelli a 30 m (Tab. 3-XXXII). Si tratta in particolare di 3 briozoi (*Amathia semiconvoluta*, *Microporella ciliata* e *Savignyella lafontii*), 4 crostacei (*Erichthonius punctatus*, *Podoprion bolivari*, *Stenothoe tergestina* e *Galathea intermedia*), 5 policheti (*Hydroides elegans*, *Hydroides norvegicus*, *Serpula concharum*, *Serpula vermicularis* e *Serpulidae* nd) e 7 molluschi (*A. ephippium*, *Coralliophaga lithophagella*, *Modiolus barbatus*, *Musculista senhousia*, *M. galloprovincialis*, *Neopycnodonte cochlear* e *Bittium latreillii*).

3.6.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M)

Nell'estate 2018 i trend di S_m sono risultati praticamente identici a quelli della Ricchezza specifica totale (fig. 3.50). I valori maggiori sono stati registrati in piattaforma, dove

l'indice è oscillato tra $39,50 \pm 2,62$ (EL SW) e $42,67 \pm 2,81$ (EL NW), risultati comunque comparabili con le due stazioni a 30 m lungo A e con A7. Tutti questi siti, assieme a B1 e B3, hanno presentato valori maggiori rispetto ai controlli dove S_m è variata da $25,33 \pm 2,01$ e $29,83 \pm 2,02$ (rispettivamente K1 e K4), risultati invece comparabili a tutte le altre stazioni dei transetti.

Rispetto all'inverno 2018 (Fabi et al., 2019d) si evidenziano, come per la densità (vedi Cap. 3.6.1.), gli incrementi in A5, A7 e B7. In questo caso è avvenuto anche un decremento degno di nota in EL NW.

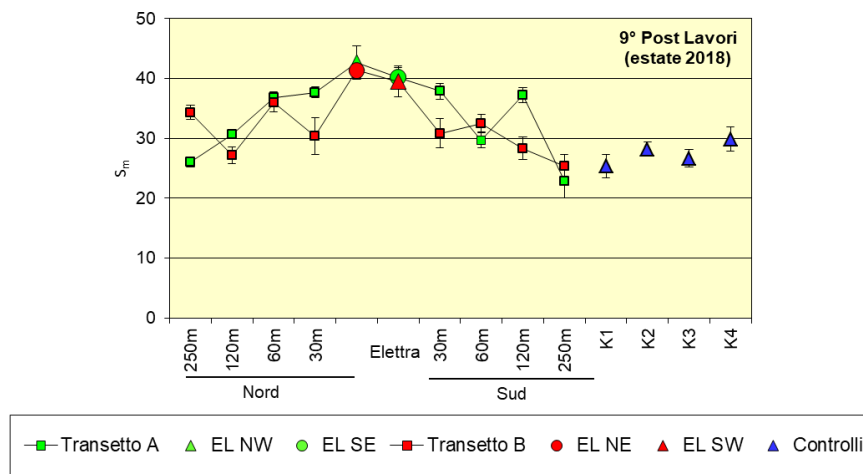


Fig. 3.50 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nell'estate 2018.

3.6.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Nel 9° survey post lavori la Diversità specifica è oscillata tra $2,46 \pm 0,17$ (A8) e $2,93 \pm 0,06$ (EL SE) lungo A, tra $2,34 \pm 0,12$ (B8) e $3,10 \pm 0,08$ (EL SW) lungo B e tra $2,41 \pm 0,10$ (K3) e $2,84 \pm 0,08$ (K4) ai controlli (fig. 3.51).

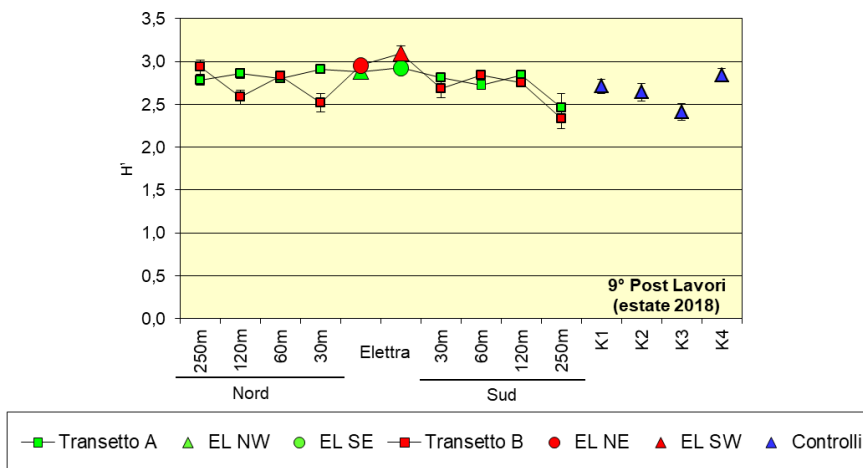


Fig. 3.51 – Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nell'estate 2018.

Gli andamenti hanno coinciso con le oscillazioni dei taxa principali. Rispetto all'inverno (Fabi *et al.*, 2019d) la variazione più importante riguarda EL NW dove H' si è ridotto a causa sia di una minore quantità di taxa secondari, sia di una maggiore importanza di quelli dominanti.

3.6.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

L'MDS applicato ai dati di densità relativi all'estate 2018 ha posizionato i siti nel plot secondo un gradiente spaziale abbastanza definito, seppure con qualche eccezione, con i controlli e quelli dei transetti posti alla massima distanza in alto a sinistra, quelli a distanze intermedie nella porzione centrale e le stazioni a 30 m più vicine ai siti EL posti a destra (fig. 3.52a). Per quanto concerne i taxa principali, i paraonidi non hanno influenzato tale distribuzione, che appare invece legata ai quantitativi di *O. fusiformis* via via maggiori verso la piattaforma (figg. 3.52b e 3.52c).

Come più volte ribadito, presso Elettra ed entro 30 da essa sono stati rinvenuti dei taxa esclusivi di fondo duro che hanno contribuito anche per questa tipologia di analisi (es.: figg. 3.52d – 3.52f).

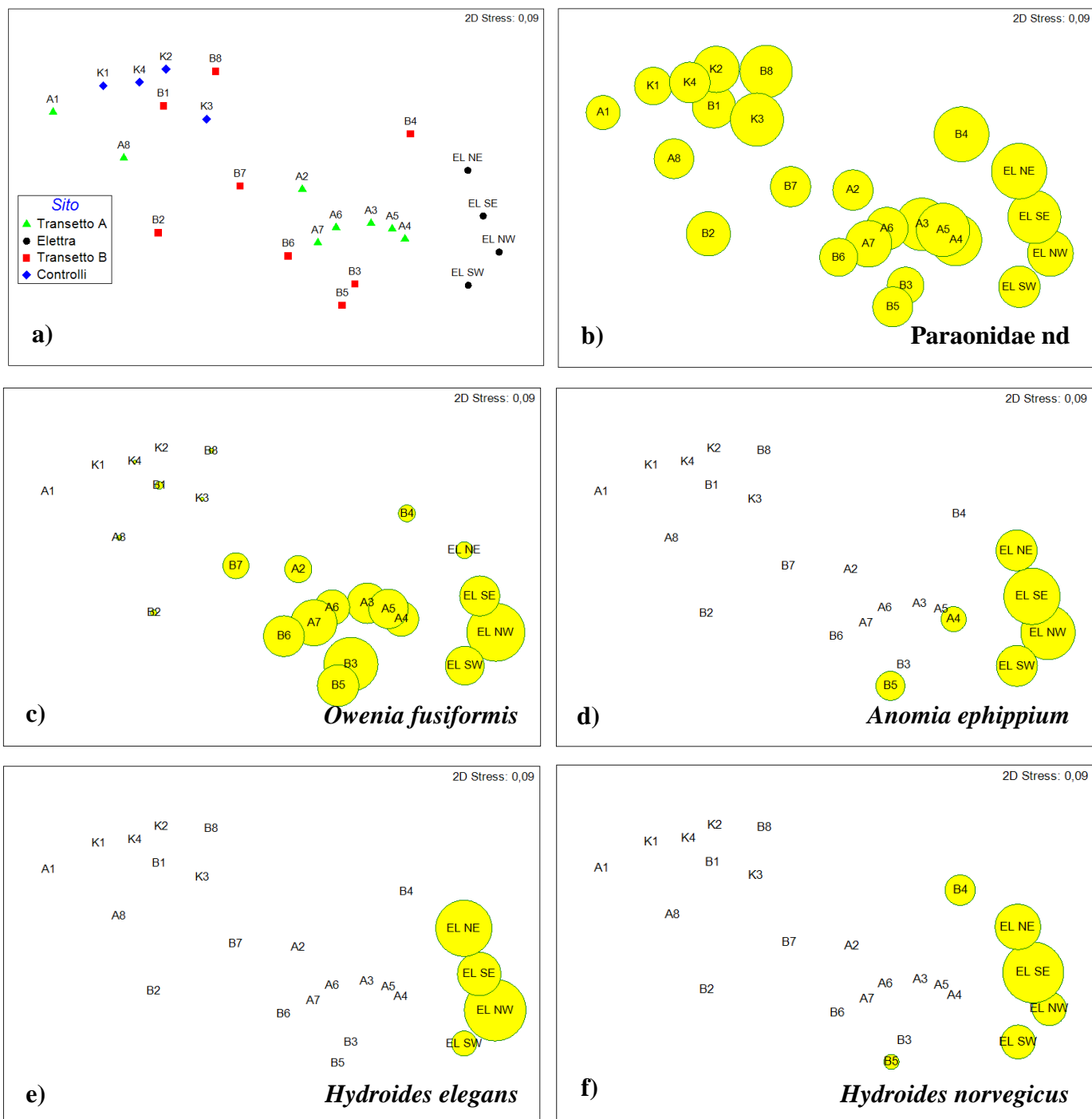


Fig. 3.52 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell'estate 2018 tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi gialli indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.6.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

3.6.8.1 Indice W di Clarke

Nell'ultimo survey l'indice W di Clarke ha messo in evidenza la presenza di un ambiente per lo più moderatamente disturbato lungo A, in 4 siti di B inclusa EL NE e in 3 controlli (Tab. 3-XXXV). Altrove l'ambiente è risultato leggermente disturbato. Tale situazione

appare leggermente peggiorata rispetto all'inverno 2018 ma simile a quella del pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d).

Tab. 3-XXXV – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti nell'estate 2018. In rosso i siti della piattaforma.

Stazione	W	Classificazione ambientale
A1	0,353	Leggermente disturbato
A2	0,291	Moderatamente disturbato
A3	0,228	Moderatamente disturbato
A4	0,205	Moderatamente disturbato
EL NW	0,276	Moderatamente disturbato
EL SE	0,352	Leggermente disturbato
A5	0,217	Moderatamente disturbato
A6	0,221	Moderatamente disturbato
A7	0,199	Moderatamente disturbato
A8	0,365	Leggermente disturbato
B1	0,395	Leggermente disturbato
B2	0,374	Leggermente disturbato
B3	0,211	Moderatamente disturbato
B4	0,413	Leggermente disturbato
EL NE	0,289	Moderatamente disturbato
EL SW	0,350	Leggermente disturbato
B5	0,311	Leggermente disturbato
B6	0,251	Moderatamente disturbato
B7	0,283	Moderatamente disturbato
B8	0,353	Leggermente disturbato
K1	0,460	Moderatamente disturbato
K2	0,327	Leggermente disturbato
K3	0,220	Moderatamente disturbato
K4	0,296	Moderatamente disturbato

3.6.8.2 Indice AMBI

L'indice AMBI (Tab. 3-XXXVI) ha fornito sempre risultati piuttosto concordi sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d) e ha evidenziato anche nell'ultimo monitoraggio una situazione di leggero disturbo ovunque.

La maggior parte dei taxa rinvenuti è risultata appartenente al gruppo ecologico III (specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti) con solo 4 eccezioni: EL NW e B3 dove ha prevalso il gruppo ecologico II (specie indifferenti all'arricchimento organico), EL NE ed EL SW dove invece sono risultati percentualmente più importanti i taxa del gruppo I (sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali).

3.6.8.3 Indice BENTIX

Nell'ultimo survey il BENTIX (Tab. 3-XXXVII) ha fornito risultati intermedi rispetto agli altri due indici precedentemente descritti, indicando tutta l'area investigata come leggermente disturbata eccetto A8, B2, B4 e tre controlli classificati come moderatamente disturbati.

Tab. 3-XXXVI – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute nell'estate 2018 nei 5 gruppi ecologici (I = specie molto sensibili; II = specie indifferenti all'arricchimento organico; III = specie tolleranti; IV = specie opportuniste di II ordine; V = specie opportuniste di I ordine) e classificazione del disturbo ambientale secondo l'indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione. In rosso i siti della piattaforma.

Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
A1	32,3	11,4	51,0	3,1	2,2	1,972	Leggermente disturbato
A2	32,7	23,4	39,9	3,6	0,3	1,732	Leggermente disturbato
A3	30,4	26,9	40,3	2,4	0	1,720	Leggermente disturbato
A4	31,8	27,9	37,2	3,2	0	1,676	Leggermente disturbato
EL NW	27,5	39,8	30,5	2,1	0,2	1,615	Leggermente disturbato
EL SE	27,0	29,3	40,1	3,5	0,1	1,805	Leggermente disturbato
A5	28,4	30,7	38,0	2,9	0	1,732	Leggermente disturbato
A6	28,3	29,2	39,3	3,1	0	1,759	Leggermente disturbato
A7	26,7	34,0	36,3	2,8	0,2	1,741	Leggermente disturbato
A8	33,3	11,8	51,5	2,6	0,8	1,885	Leggermente disturbato
B1	35,3	14,8	46,0	3,0	0,8	1,788	Leggermente disturbato
B2	28,4	14,7	54,3	2,2	0,4	1,975	Leggermente disturbato
B3	35,2	38,7	24,3	1,7	0	1,389	Leggermente disturbato
B4	29,1	15,1	52,1	3,7	0	1,957	Leggermente disturbato
EL NE	31,1	20,6	44,8	3,5	0	1,812	Leggermente disturbato
EL SW	33,3	32,7	29,4	4,7	0	1,583	Leggermente disturbato
B5	35,6	32,7	30,5	1,3	0	1,463	Leggermente disturbato
B6	28,9	36,5	31,6	2,6	0,3	1,632	Leggermente disturbato
B7	32,7	21,2	42,1	3,8	0,2	1,762	Leggermente disturbato
B8	34,1	8,9	53,6	3,3	0,2	1,899	Leggermente disturbato
K1	26,0	14,0	54,3	4,2	1,5	2,115	Leggermente disturbato
K2	26,9	11,8	58,2	3,1	0	2,061	Leggermente disturbato
K3	32,2	10,6	54,2	2,1	0,9	1,934	Leggermente disturbato
K4	31,1	13,0	50,2	3,8	1,9	1,987	Leggermente disturbato

Tab. 3-XXXVII – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione ottenuti nell'estate 2018. In rosso i siti della piattaforma.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
A1	3,63	Leggermente disturbato
A2	3,94	Leggermente disturbato
A3	3,91	Leggermente disturbato
A4	3,96	Leggermente disturbato
EL NW	4,30	Leggermente disturbato
EL SE	3,94	Leggermente disturbato
A5	4,11	Leggermente disturbato
A6	3,93	Leggermente disturbato
A7	3,93	Leggermente disturbato
A8	3,36	Moderatamente disturbato
B1	3,64	Leggermente disturbato
B2	3,31	Moderatamente disturbato
B3	4,50	Leggermente disturbato
B4	3,41	Moderatamente disturbato
EL NE	3,70	Leggermente disturbato
EL SW	4,21	Leggermente disturbato
B5	4,33	Leggermente disturbato
B6	4,12	Leggermente disturbato
B7	3,76	Leggermente disturbato
B8	3,53	Leggermente disturbato
K1	3,35	Moderatamente disturbato
K2	3,39	Moderatamente disturbato
K3	3,46	Moderatamente disturbato
K4	3,51	Leggermente disturbato

3.6.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XXXVIII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni campionate nell'ultimo survey derivato dalla combinazione dei tre indici, che è oscillato tra buono e buono/moderato eccetto in K1 e K3 (moderato). Rispetto all'inverno 2018 (Fabi *et al.*,

2019d) è avvenuto un lieve peggioramento in due siti di Elettra (EL NW ed EL NE), in lungo i transetti (A6, B3 e B7) e in tutti i controlli; un lieve miglioramento ha invece caratterizzato le stazioni A1 e B1. In tutti i casi si tratta comunque di variazioni molto lievi. La situazione riscontrata appare molto simile anche a quella registrata prima dell'installazione di Elettra.

Tab. 3-XXXVIII – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici calcolati con i dati dell'estate 2018. In rosso i siti della piattaforma.

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

3.6.9. MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

Il campione prelevato nell'estate 2018 era costituito 30 esemplari, corrispondenti a 1,9 ind/dm², e aveva un peso fresco di 1,2 kg. Il range di taglia è oscillato tra 6 e 88 mm LC (fig. 3.53), indicando pertanto un nuovo insediamento. Il 57% degli individui aveva raggiunto o superato la taglia minima commerciale di 50 mm LC.

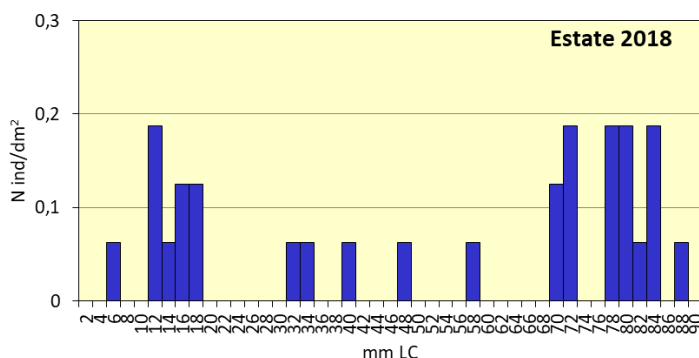


Fig. 3.53 - Distribuzione di frequenza delle lunghezze degli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati dalle parti sommerse di Elettra nell'estate 2018.

3.7. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

3.7.1. CAMPIONAMENTI DI PESCA

3.7.1.1 Ricchezza specifica e Diversità specifica

Nei sei mesi di monitoraggio (luglio - dicembre 2018) sono state censite 36 specie (30 pesci, 3 molluschi e 3 crostacei), di cui 32 catturate attorno ad Elettra (27 pesci, 3 molluschi e 2 crostacei; Tab. 3-XXXIX). Presso i due controlli, invece, sono state campionate complessivamente 20 specie (11 pesci, 1 mollusco e tre crostacei in C1; 8 pesci, 2 molluschi e 3 crostacei presso il C2; Tabb. 3-XL e 3-XLI).

Tab. 3-XXXIX - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle singole specie catturate presso la piattaforma Elettra nel 2° semestre 2018. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico; AT = attratto dai substrati rocciosi; PA = parzialmente attratto; NA = non attratto.

			Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre	
	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)
Crostacei														
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA					3,29	0,26	3,16	0,32				
<i>Squilla mantis</i>	B	NA					3,29	0,10	3,16	0,17	8,22	0,45		
Crostacei Totale							6,58	0,36	6,32	0,49	8,22	0,45		
Molluschi														
<i>Sepia officinalis</i>	B	NA									1,64	0,55		
<i>Eledone cirrhosa</i>	B	PA											1,64	0,43
<i>Illex coindetii</i>	P	NA									1,64	0,17		
Molluschi Totale											3,29	0,72	1,64	0,43
Pesci														
<i>Mullus surmuletus</i>	B	AT											1,64	0,10
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	1,63	0,11	5,36	0,27	3,29	0,18	3,16	0,25	1,64	0,05		
<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT					3,29	0,67						
<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT	3,27	0,48			1,64	0,42	3,16	0,90				
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA									1,64	0,30		
<i>Eutrigla gurnardus</i>	B	NA									1,64	0,03		
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA									1,64	0,19		
<i>Lophius piscatorius</i>	B	NA					1,64	1,10						
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA									3,29	0,64		
<i>Raja asterias</i>	B	NA											1,64	1,42
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA					9,86	7,28	7,89	5,26	3,29	2,92		
<i>Trachinus draco</i>	B	NA	1,63	0,06										
<i>Merlangius merlangus</i>	NB	NA	1,63	0,02										
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	1,63	0,89			8,22	4,48	14,21	5,19	1,64	0,53	6,58	2,13
<i>Pagellus acarne</i>	NB	NA					3,29	0,21			1,64	0,12	6,58	0,32
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA	19,59	1,17			133,15	4,78	45,79	1,82	18,08	0,52	23,01	0,81
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA					9,86	0,51	7,89	0,52	1,64	0,09	1,64	0,09
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA					9,86	0,44	18,95	0,79	6,58	0,37		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	138,78	1,68	2,68	0,03					1,64	0,03		
<i>Sardinella aurita</i>	P	NA					3,29	0,37						
<i>Boops boops</i>	P	PA	47,35	3,75			77,26	6,13	36,32	2,83	77,26	5,36	36,16	2,63
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA	360,82	105,30	5,36	1,84	8,22	2,40	1,58	0,28	69,04	10,29	36,16	6,28
<i>Scomber scombrus</i>	P	PA							4,74	0,70				
<i>Spicara maena</i>	P	PA	11,43	0,42					1,58	0,04	1,64	0,03	3,29	0,12
<i>Trachurus mediterraneus</i>	P	PA					16,44	1,18	12,63	0,72	3,29	0,14	18,08	1,34
<i>Trachurus picturatus</i>	P	PA	1,63	0,16			1,64	0,18	7,89	0,92			3,29	0,26
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA	83,27	6,01	21,45	1,19	429,04	20,90	23,68	1,48	19,73	0,98	73,97	3,67
Pesci Totale			672,65	120,06	34,86	3,33	720,00	51,23	189,47	21,71	215,34	22,58	212,05	19,17

Tab. 3-XL - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle singole specie catturate presso il controllo C1 nel 2° semestre 2018. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico; AT = attratto dai substrati rocciosi; PA = parzialmente attratto; NA = non attratto.

	Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre	
	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)
Crostacei												
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA			3,31	0,37	1,50	0,11	1,66	0,07		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA					1,50	0,02				
<i>Squilla mantis</i>	B	NA					1,50	0,06	3,31	0,17		
Crostacei Totale					3,31	0,37	4,50	0,19	4,97	0,23		
Molluschi												
<i>Eledone cirrhosa</i>	B	PA							1,66	0,58		
Molluschi Totale									1,66	0,58		
Pesci												
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT			3,31	0,15	1,50	0,06				
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA			1,66	0,53			1,66	0,28		
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA			1,66	0,39						
<i>Phycis blennoides</i>	B	NA			1,66	0,08						
<i>Raja asterias</i>	B	NA			4,97	2,71					3,31	2,62
<i>Scyllorhinus canicula</i>	B	NA			1,66	0,32						
<i>Solea solea</i>	B	NA							1,66	0,38		
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA	1,35	0,19								
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA			8,28	3,73	3,00	1,34	1,66	0,66	6,62	2,42
<i>Boops boops</i>	P	PA									1,66	0,14
<i>Spicara maena</i>	P	PA	1,62	0,04							1,66	0,03
Pesci Totale			1,62	0,04	1,35	0,19	23,17	7,91	4,50	1,40	4,97	1,33
											13,24	5,21

Tab. 3-XLI - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle singole specie catturate presso il controllo C2 nel 2° semestre 2018. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico; AT = attratto dai substrati rocciosi; PA = parzialmente attratto; NA = non attratto.

	Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre	
	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)	N.ind	P(Kg)
Crostacei												
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA							1,64	0,12		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA							1,64	0,02	1,64	0,02
<i>Squilla mantis</i>	B	NA							1,64	0,08		
Crostacei Totale									4,93	0,21	1,64	0,02
Molluschi												
<i>Sepia officinalis</i>	B	NA									1,64	0,54
<i>Eledone cirrhosa</i>	B	PA									1,64	0,41
Molluschi Totale											3,29	0,95
Pesci												
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA			3,29	0,74						
<i>Raja asterias</i>	B	NA			3,29	1,79						
<i>Scyllorhinus canicula</i>	B	NA	1,64	0,34								
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	1,64	0,47	3,29	1,63	11,59	4,44	4,93	1,95	3,29	1,22
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA			1,64	0,07						
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA		1,34	0,02							
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA									4,93	0,27
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA		2,68	0,15							
Pesci Totale			3,29	0,80	4,02	0,17	11,51	4,24	11,59	4,44	4,93	1,95
											8,22	1,49

Oltre al mollusco cefalopode *Illex coindetii*, esclusivamente presso la piattaforma sono state catturate 16 specie ittiche (*Eutrigla gurdardus*, *Lophius piscatorius*, *Marlangius merlangus*, *Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*, *Pagellus acarne*, *Pagellus bogaraveo*, *Pagellus erythrinus*, *Scomber scombrus*, *Scorpaena porcus*, *Scorpaena scrofa*, *Trachinus draco*, *Trachurus mediterraneus*, *Trachurus picturatus* e *Sardinella aurita*).

Solea solea e *Phycis blennoides* sono state le uniche specie catturate esclusivamente in C1, mentre non sono state censite specie esclusive in C2.

Sia la Ricchezza specifica media che la Diversità specifica relative alla piattaforma sono risultate significativamente più elevate rispetto a uno o entrambi i controlli (Tabb. 3-XLII e 3-XLIII).

Tab. 3-XLII – Valori medi ottenuti per i vari indici nel 2° semestre 2018.

	Eletra	Controllo 1	Controllo 2
S_m	13,83 ± 2,32	4,17 ± 1,14	3,00 ± 0,63
H'	2,47 ± 0,37	2,35 ± 0,24	1,48 ± 0,22
N	345,07 ± 115,85	10,55 ± 3,78	8,90 ± 1,72
P	40,09 ± 17,21	2,91 ± 1,32	2,38 ± 0,71

Tab. 3-XLIII - Risultati del t-test applicato ai valori di Ricchezza specifica (S), diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P).

S_m	Eletra	C2
	C1	<0,01* 0,39
	C2	<0,01*
H'	Eletra	C2
	C1	0,17 0,7
	C2	0,02*
N	Eletra	C2
	C1	0,03* 0,7
	C2	0,03*
P	Eletra	C2
	C1	<0,001** 0,7
	C2	<0,001**

Per quanto concerne gli andamenti mensili, la Ricchezza specifica (S) relativa al sito di estrazione ha avuto un andamento altalenante, con un minimo ad agosto (4) e un massimo a novembre (16). I valori sono comunque sempre risultati superiori ai corrispettivi dei controlli (fig. 3.54).

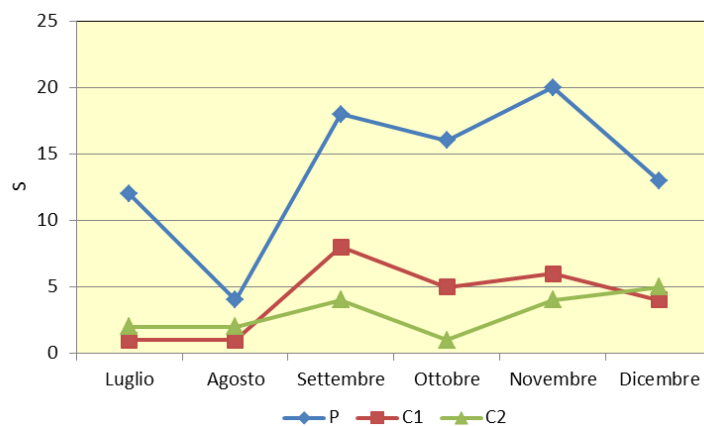


Fig. 3.54 - Ricchezza specifica mensile ottenuta per la piattaforma e per i due siti di controllo nel 2° semestre 2018.

In C1 il minimo è stato registrato nei primi due mesi quando è stata catturata una sola specie, mentre il massimo (8) è stato ottenuto in settembre. In C2 nei primi due mesi di monitoraggio e ad ottobre sono state catturate solo 2 e 1 specie rispettivamente e il massimo è stato raggiunto a dicembre con 5 specie.

Gli andamenti della Diversità specifica sono stati molto simili a quelli di S (fig. 3.55). Infatti, in piattaforma il minimo ha caratterizzato il mese di agosto per l'elevato contributo di *Trachurus trachurus* (Tab. 3-XXXIX), mentre il massimo (1,01) è stato rilevato in ottobre. Per ciò che concerne i due controlli, sono stati ottenuti alcuni valori nulli per i motivi descritti per S. I massimi sono stati registrati in settembre in C1 e in dicembre in C2 per una maggiore diversificazione delle catture.

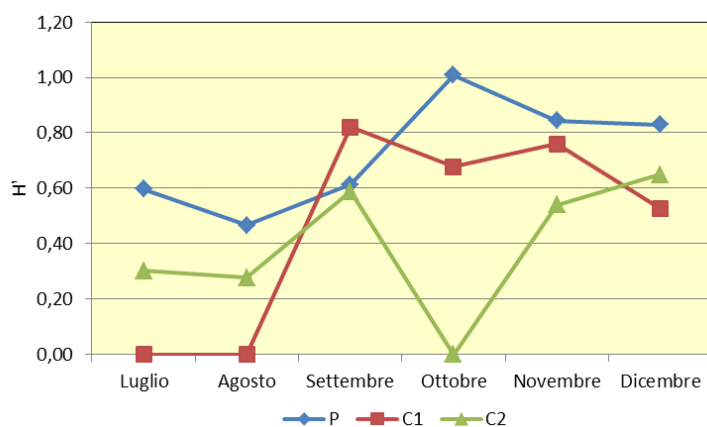


Fig. 3.55 - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma e per i due siti di controllo nel 2° semestre 2018.

3.7.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture

Anche i rendimenti di pesca medi in numero e in peso relativi alla piattaforma sono risultati significativamente superiori rispetto ai siti di riferimento (Tabb. 3-XLII e 3-XLIII).

Relativamente ad Elettra, gli andamenti numerico e ponderale sono apparsi simili e caratterizzati da due picchi in luglio e settembre (N: 672,65 e 726,58 ind/500m/12h; P: 120,06 e 51,59 kg/500m/12h; fig. 3.56). Tali valori sono stati determinati da elevate quantità di *Engraulis encrasicolus*, *Scomber japonicus* e *Trachurus trachurus* nel primo mese e di *Pagellus bogaraveo* e *T. trachurus* a settembre (Tab. 3-XXXIX).

Il minimo è stato raggiunto ad agosto, mentre negli altri mesi i valori sia in numero che in peso sono stati intermedi e simili tra loro.

I trend dei controlli sono apparsi praticamente costanti nel tempo e simili tra loro in termini

sia numerici che ponderali, e i valori sono stati sempre inferiori a quelli della piattaforma eccetto in agosto.

I pesci hanno costituito la frazione più importante delle catture in tutti i tre siti (fig. 3.57).

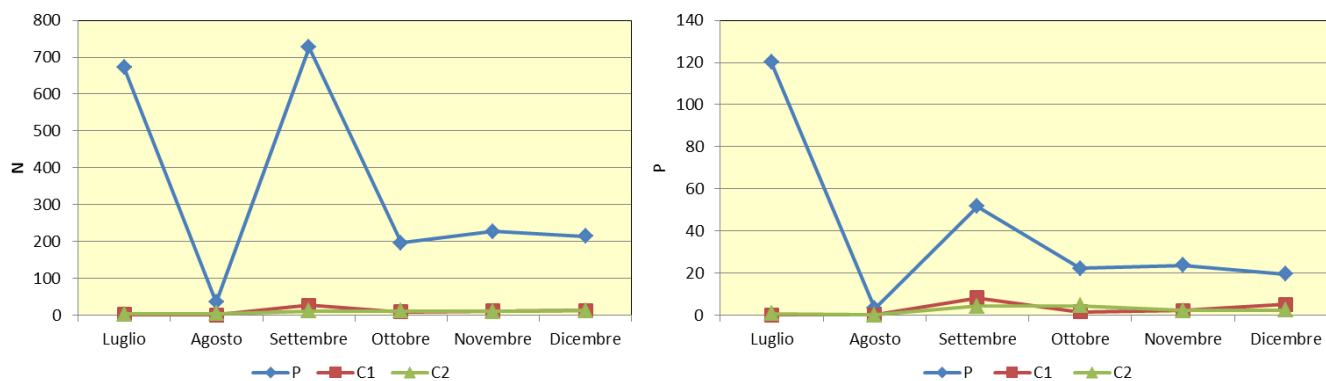


Fig. 3.56 - Rendimenti di pesca in termini numerici (N; n. ind/500m/12h) e ponderali (P; kg/500m/12h) registrati presso la piattaforma e nelle zone di controllo nel 2° semestre 2018.

Pesci bentonici – In totale sono state censite 15 specie ittiche appartenenti a questo gruppo. Nel sito di estrazione ne sono state rilevate 12, in C1 8 e in C2 3 (Tabb. 3-XXXIX – 3-XLI). Presso Elettra i pesci bentonici sono risultati i meno importanti rispetto agli altri gruppi rappresentando il 3,01% in numero e il 9,41% in peso. In C1, invece, hanno rappresentato il 1° gruppo in termini numerici (38,50%) e il 2° in termini ponderali (44,25%) soprattutto per il contributo di *R. asterias*. In C2 questo gruppo è risultato 3° in numero e 2° in peso rispettivamente con il 15,39% e il 20,11%.

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 6 specie ittiche necto-bentoniche, tutte presenti presso il sito di estrazione, 1 in C1 e 2 in C2 (Tabb. 3-XXXIX – 3-XLI). Sia numericamente che ponderalmente la componente necto-bentonica si è collocata al 2° posto in piattaforma (N: 16,49%; P: 10,73%). Incisive sono state le catture di *P. bogaraveo* in numero, alle quali si sono affiancate quelle di *Merluccius merluccius* in peso. In C1 sono state seconde in ordine di importanza numerica e prime in peso (rispettivamente 30,90% e 46,72%) e in C2 sono risultate le più importanti per entrambi i parametri con il 49,39% e il 68,47% grazie alle catture di *M. merluccius*.

Pesci pelagici – In totale sono state censite 9 specie, tutte presso il sito di estrazione, 3 presso C1 e 3 presso C2 (Tabb. 3-XXXIX – 3-XLI). I pesci pelagici hanno rappresentato il 1° gruppo in numero e in peso in piattaforma (79,24% e 78,85%). Ciò è dovuto alle caratteristiche etologiche della maggior parte di queste specie (es.: *Boops boops*, *Scomber*

japonicus, *Trachurus trachurus*) che tendono a raggrupparsi formando grossi banchi. Presso i controlli, invece, si sono collocati al 3° posto (eccetto in numero in C2).

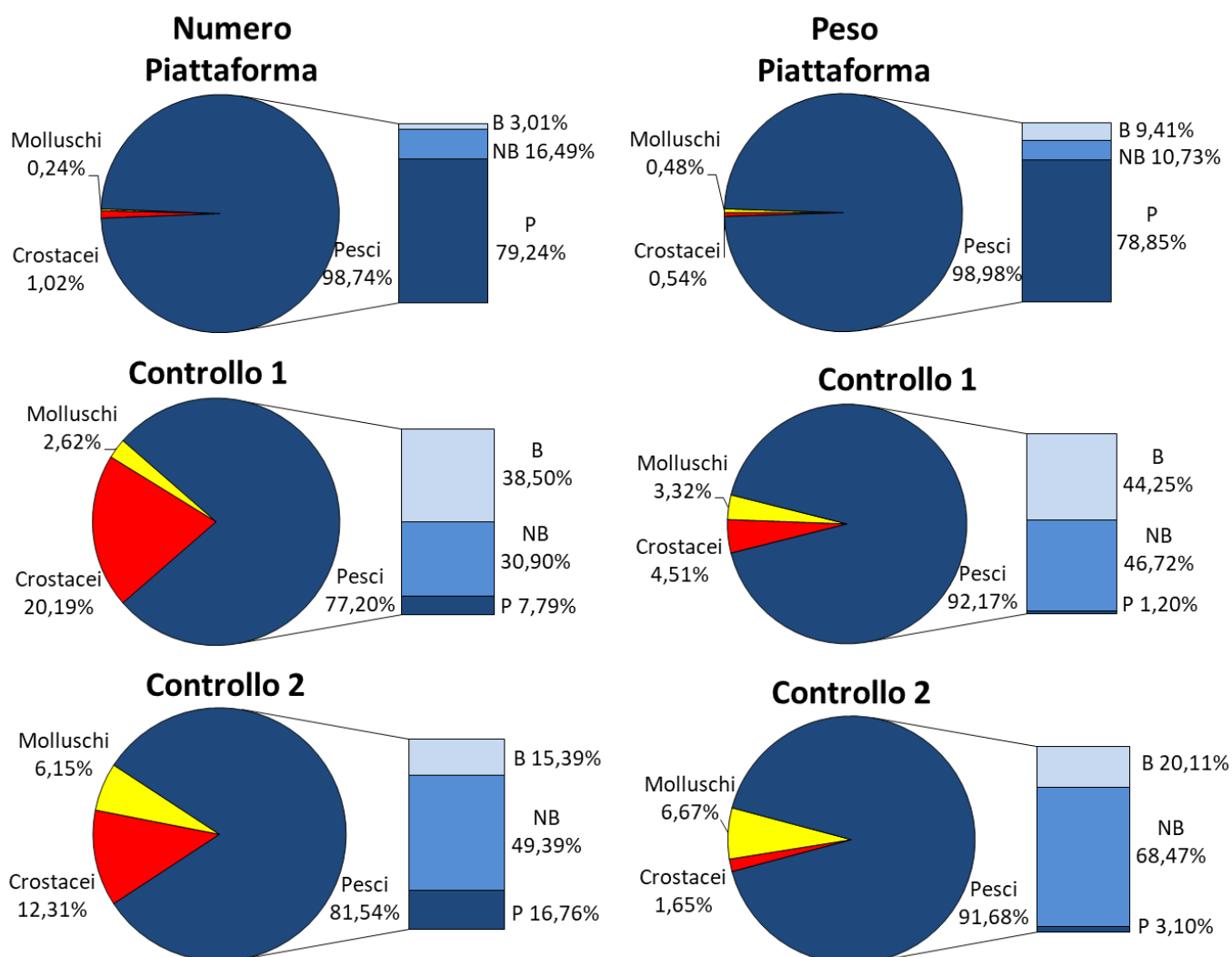


Fig. 3.57 - Composizione percentuale delle catture in numero (a sinistra) e peso (a destra) effettuate in piattaforma e nei due controlli nel 2° semestre 2018.

Crostacei – I crostacei sono comparsi sia nelle catture relative alla piattaforma, dove però hanno rappresentato porzioni irrisorie, che in quelle dei controlli (Tabb. 3-XXXIX – 3-XLI). In entrambi i siti di riferimento i crostacei sono apparsi piuttosto importanti in numero con il 20,19% in C1 e il 12,31% in C2, mentre in peso sono apparsi poco incisivi.

Molluschi – Per questo Phylum sono state censite 3 specie, tutte catturate in piattaforma, 1 in C1 e 2 in C2 (Tabb. 3-XXXIX – 3-XLI). Poco rappresentativi sia nei pressi di Elettra che in C1, nell'altro sito di riferimento hanno rappresentato il 6,15% e il 6,67% rispettivamente in numero e in peso; le 2 specie rilevate in questo sito (*Sepia officinalis* ed *Eledone cirrhosa*) hanno contribuito in modo equo a queste percentuali.

3.7.1.3 Affinità delle specie catturate con i substrati duri

L'analisi della composizione delle catture secondo il grado di affinità delle specie con i substrati duri (fig. 3.58) ha evidenziato una prevalenza numerica presso Elettra di specie ittiche pelagiche PA, rappresentate principalmente da *S. japonicus* e *T. trachurus*, seguite dai pesci necto-bentonici PA (soprattutto *P. bogaraveo*) e dai pelagici NA. Tutti gli altri gruppi sono risultati confrontabili tra loro e caratterizzati da valori inferiori. In termini ponderali le specie pelagiche PA si sono confermate preponderanti su tutti gli altri gruppi.

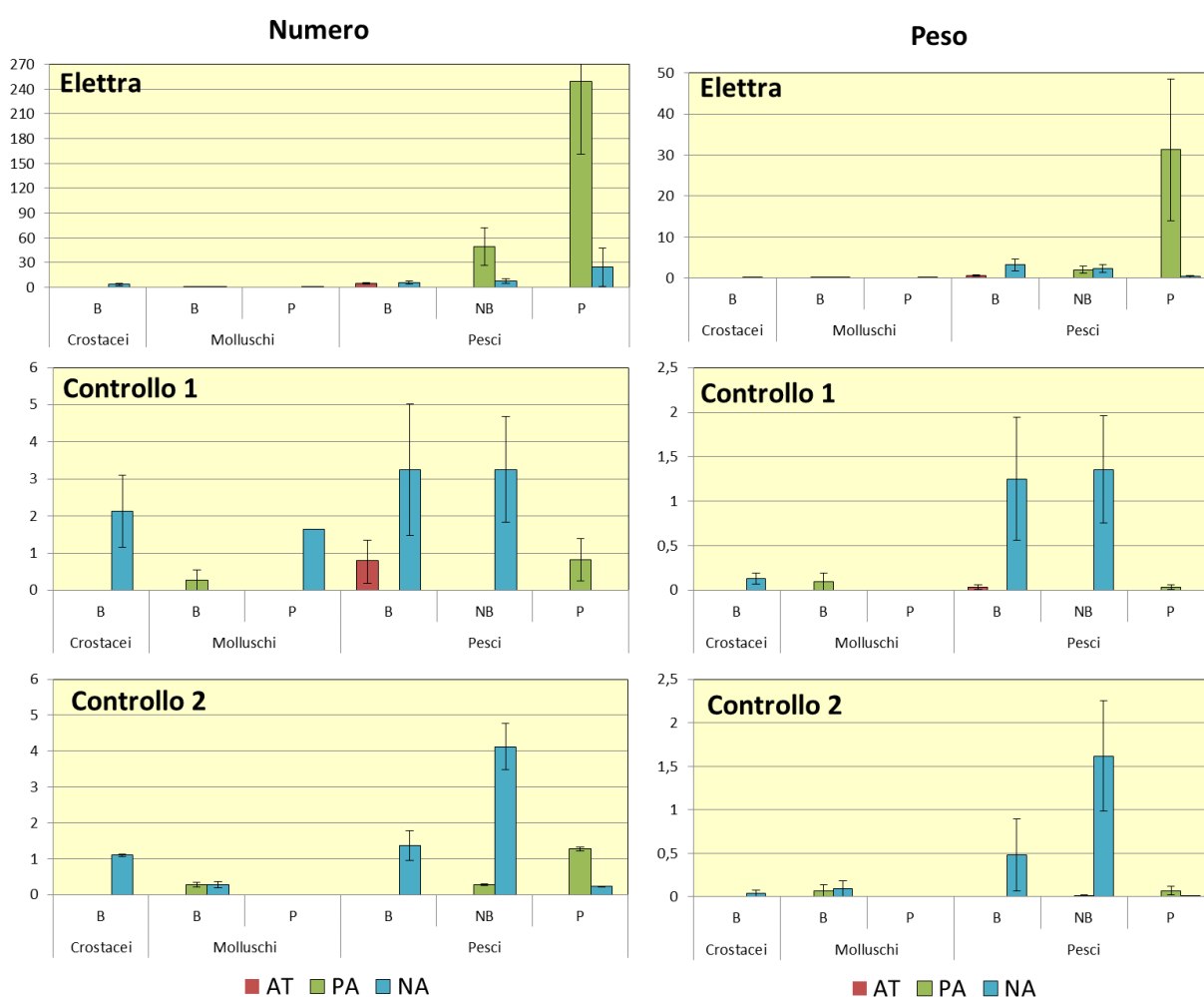


Fig. 3.58 - Numero (ind/500m/12h) e peso (ind/500m/12h) medi delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) ottenuti nelle catture effettuate presso la piattaforma e nelle zone di controllo nel 2° semestre 2018. B = bentonico; NB = necto-bentonic; P = pelagico.

Sia in numero che in peso in C1 i pesci bentonici e necto-bentonici NA, assieme ai crostacei e ai molluschi NA solo in numero, hanno presentato i valori maggiori e simili tra loro. I primi due gruppi sono stati rappresentati principalmente da *R. asterias* e *M. merluccius* (unica specie necto-bentonica rilevata nel sito), i crostacei da *Nephrops*

norvegicus e *Squilla mantis*.

Anche in C2 le catture di *M. merluccius* hanno determinato il raggiungimento dei massimi valori sia in numero che in peso dei necto-bentonici NA. Numericamente sono seguiti i pelagici PA e i bentonici NA, questi ultimi risultati al 2° posto in peso.

Sia presso la piattaforma che nel controllo C1 è stata rilevata una componente AT rappresentata dai pesci bentonici che, contribuendo con $4,68 \pm 1,07$ ind/500/12h e $0,57 \pm 0,22$ kg/500m/12h presso Elettra e con $0,80 \pm 0,56$ ind/500m/12h e $0,04 \pm 0,03$ kg/500m/12h al controllo, sono risultati decisamente più importanti nei dintorni della struttura.

3.7.2. INVESTIGAZIONI ACUSTICHE

Nel **luglio** 2018 sono stati rilevati 33 banchi di pesce di cui solo 3 a meno di 300 m dalla piattaforma (fig. 3.59). Il banco più lontano è stato il n. 33, posto a una distanza di 919,538 m, il più vicino il n. 11 (91,020 m; Tab. 3-XLIV). L'aggregazione n. 31 è risultata la più grande in termini di superficie ($68098,621 \text{ m}^2$) e volume ($42148,717 \text{ m}^3$), la n. 32 ha presentato maggiore estensione in direzione EW (49,349 m) e la n. 6 in direzione NS (47,015 m; Tab. 3-XLV). Il banco n. 29 è stato rilevato alla quota più profonda (77,977 m), il n. 15 a quella più superficiale (31,501 m). Eccetto la profondità, risultata sensibilmente maggiore nei banchi posti a meno di 300 m da Elettra, le caratteristiche metriche sono apparse comparabili tra i banchi posti vicino e lontano da Elettra (fig. 3.60). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-XLVI.

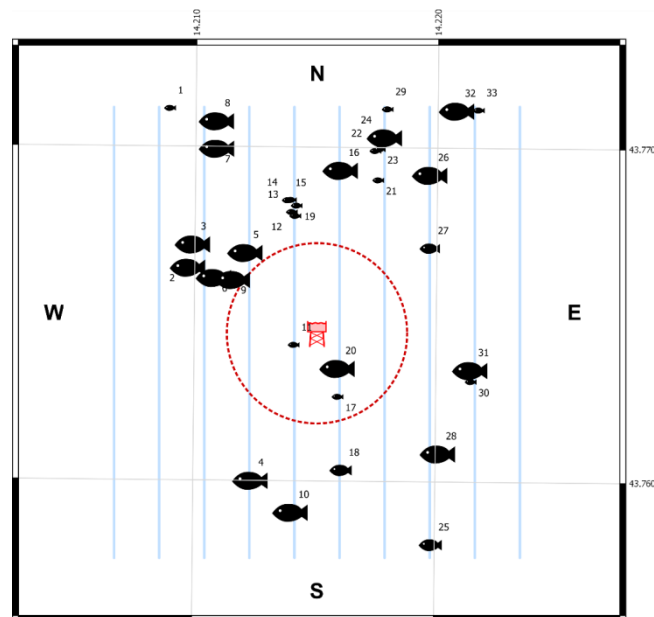


Fig. 3.59 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel luglio 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XLIV – Distanza (m) dalla piattaforma dei banchi rilevati a luglio 2018. In verde quelli entro 300 m da Elettra.

Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)
1	909,600	18	449,624
2	494,990	19	442,480
3	522,429	20	121,027
4	530,154	21	555,281
5	373,665	22	644,757
6	402,948	23	654,219
7	714,072	24	696,732
8	795,722	25	784,870
9	345,628	26	651,041
10	591,857	27	469,814
11	91,020	28	553,990
12	409,791	29	789,106
13	424,833	30	524,282
14	464,894	31	513,531
15	466,151	32	878,933
16	558,170	33	919,538
17	208,960		

Tab. 3-XLV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel luglio 2018. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde i banchi entro 300 m da Elettra.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	56,382	4,873	4,601	36,078	39,746	3,668	17,044	43,771234	14,208802	37,864	3,308	0	0,000
2	1068,032	19,614	19,330	58,056	72,021	13,965	648,008	43,766470	14,209615	67,093	1,648	0	0,000
3	408,266	10,394	10,408	66,486	75,166	8,680	204,665	43,767166	14,209805	70,337	1,995	0	0,000
4	1547,079	17,230	24,866	61,548	70,934	9,386	854,963	43,760104	14,212270	66,688	1,772	8	3,643
5	471,650	14,320	12,528	67,694	71,934	4,240	185,512	43,766927	14,211977	70,170	2,542	0	0,000
6	2581,710	47,015	19,018	63,718	71,852	8,134	1528,995	43,766169	14,210689	68,467	1,380	3	1,118
7	5411,995	32,560	35,389	55,457	76,403	20,946	4225,601	43,770041	14,210765	66,122	1,281	8	7,414
8	7361,353	42,131	35,325	51,406	73,024	21,618	7776,439	43,770864	14,210750	62,075	0,947	11	8,877
9	2560,570	13,332	26,631	58,721	74,233	15,512	1374,601	43,766115	14,211473	65,824	1,840	0	0,000
10	3187,233	38,263	27,350	71,049	77,842	6,793	1581,370	43,759158	14,213941	74,420	2,009	2	3,462
11	51,810	3,718	7,186	75,275	76,826	1,551	11,773	43,764168	14,214002	76,308	4,401	0	0,000
12	134,946	4,670	6,862	75,181	78,128	2,947	38,846	43,768032	14,214021	76,729	3,249	0	0,000
13	51,005	3,733	4,285	53,850	56,840	2,990	18,976	43,768147	14,213875	55,437	2,688	0	0,000
14	43,246	2,469	4,926	36,572	39,488	2,916	11,584	43,768510	14,213833	38,202	3,733	0	0,000
15	68,505	6,161	4,645	29,161	33,751	4,590	17,492	43,768499	14,213701	31,501	3,769	0	0,000
16	370,391	10,844	17,784	75,376	78,128	2,752	153,526	43,769414	14,215881	77,223	2,413	0	0,000
17	44,142	3,099	5,574	76,240	77,975	1,735	10,545	43,762624	14,215836	77,206	4,186	0	0,000
18	230,789	8,449	10,978	75,039	78,128	3,089	94,569	43,760431	14,216003	76,782	2,382	1	0,615
19	48,214	4,666	3,709	41,809	44,530	2,721	10,942	43,768340	14,214073	43,276	4,117	0	0,000
20	531,504	17,151	16,273	75,527	78,128	2,601	220,727	43,763479	14,215829	77,094	2,408	0	0,000
21	33,289	3,921	3,563	70,697	73,015	2,318	8,840	43,769121	14,217435	71,886	3,766	0	0,000
22	62,481	6,157	4,209	31,880	36,792	4,912	15,731	43,769999	14,217304	34,639	3,801	0	0,000
23	22,308	3,207	2,627	34,846	37,785	2,939	4,882	43,770049	14,217481	36,398	4,570	0	0,000
24	580,129	6,523	11,778	76,707	78,780	2,073	226,135	43,770401	14,217697	77,932	2,463	0	0,000
25	277,743	8,909	14,162	74,106	77,477	3,371	98,428	43,758217	14,219741	76,260	2,822	0	0,000
26	1245,571	6,297	13,292	73,487	78,128	4,641	572,706	43,769290	14,219583	76,267	2,071	0	0,000
27	240,448	8,692	13,386	75,406	78,128	2,722	86,327	43,767096	14,219600	77,216	2,785	0	0,000
28	883,453	14,261	13,215	66,602	74,345	7,743	359,606	43,760945	14,220010	70,435	2,457	0	0,000
29	58,511	4,530	6,828	76,980	78,633	1,653	14,376	43,771248	14,217796	77,977	4,070	0	0,000
30	38,533	3,135	4,271	67,590	70,273	2,683	10,291	43,763104	14,221331	68,807	3,744	0	0,000
31	68098,62	11,008	38,637	44,783	73,007	28,224	42148,71	43,763453	14,221315	59,871	1,530	0	0,000
32	4476,292	23,487	49,349	55,799	72,383	16,584	2671,620	43,771219	14,220670	65,163	1,675	0	0,000
33	110,505	4,160	2,966	30,358	34,005	3,647	28,906	43,771239	14,221561	32,044	3,114	0	0,000

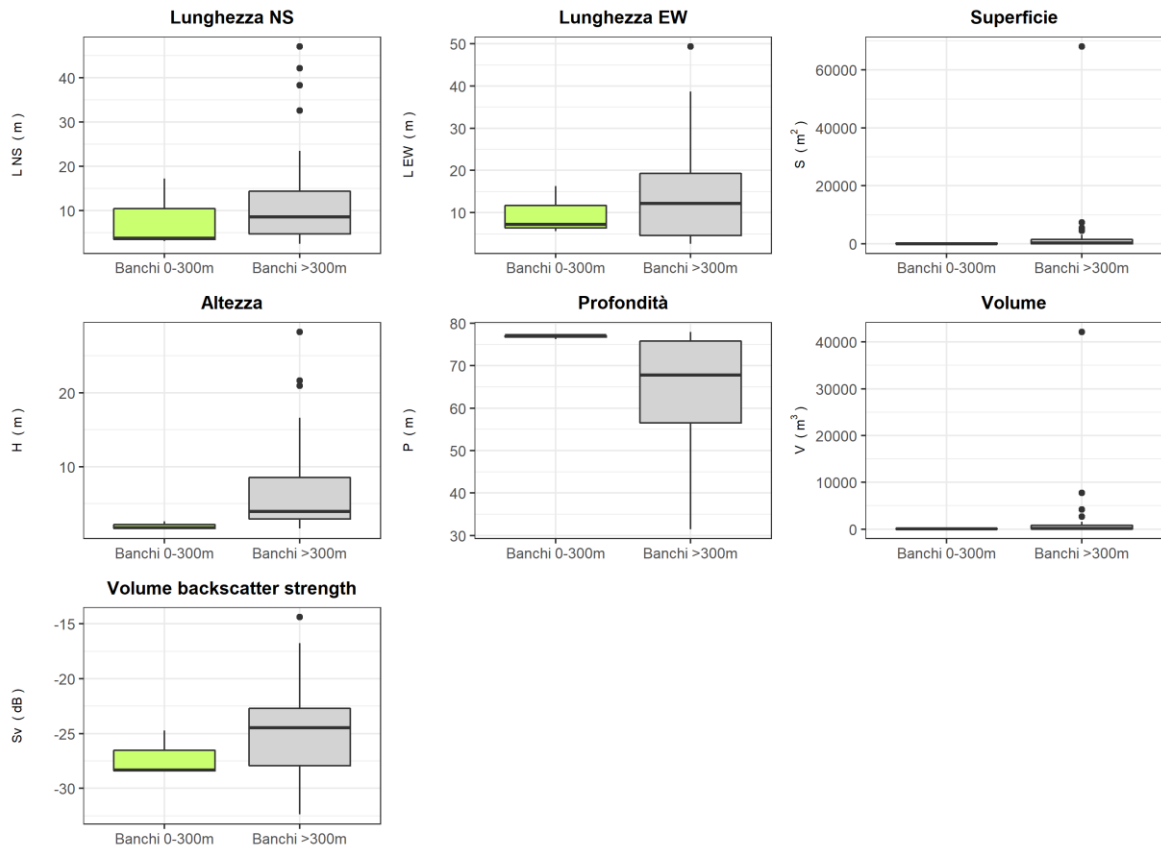


Fig. 3.60 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel luglio 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali *outliers*.

Tab. 3-XLVI - Variabili acustiche dei banchi individuati nel luglio 2018. In verde le aggregazioni censite entro 300 m da Elettra.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-23,054	80	4	36	-34,640	-13,640	49,499
2	-30,496	2029	21	242	-34,988	-21,858	8,920
3	-26,374	785	11	115	-34,982	-19,910	23,044
4	-24,216	3289	16	535	-34,991	-11,526	37,881
5	-27,572	663	13	249	-34,991	-19,491	17,490
6	-20,993	4788	28	973	-34,910	-5,109	79,566
7	-28,052	13428	26	1136	-34,991	-18,946	15,661
8	-23,819	11766	28	581	-34,981	-13,070	41,506
9	-31,685	2278	12	235	-34,988	-27,391	6,785
10	-25,895	5378	34	1364	-34,946	-12,837	25,731
11	-28,346	38	3	32	-34,837	-23,837	14,637
12	-29,106	85	3	38	-34,910	-23,373	12,285
13	-21,690	85	3	31	-34,405	-14,506	67,770
14	-19,732	74	2	31	-34,954	-10,525	106,371
15	-14,390	96	5	40	-34,954	-3,881	363,907
16	-24,728	519	10	276	-34,910	-14,873	33,666
17	-28,455	37	3	28	-34,873	-22,910	14,274
18	-25,056	311	8	119	-34,910	-15,337	31,218
19	-16,745	68	5	39	-34,993	-7,929	211,614
20	-24,710	775	17	473	-34,910	-12,410	33,806

*Sv = Volume backscattering strength

Tab. 3-XLVI – Continuo.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
21	-32,380	35	4	20	-34,800	-29,262	5,780
22	-18,977	72	5	40	-34,740	-9,679	126,569
23	-23,410	34	3	17	-34,954	-17,525	45,603
24	-23,927	44	1	22	-34,873	-19,410	40,490
25	-22,587	328	8	163	-34,873	-11,837	55,117
26	-27,451	110	1	30	-34,910	-19,800	17,984
27	-23,100	299	7	160	-34,910	-13,373	48,983
28	-29,167	1132	12	267	-34,910	-20,186	12,115
29	-23,547	51	4	46	-34,946	-15,446	44,193
30	-28,156	42	3	21	-34,991	-21,991	15,288
31	-26,079	1518	1	98	-34,982	-15,606	24,666
32	-32,030	8888	22	824	-34,997	-25,383	6,267
33	-17,831	127	4	42	-34,920	-8,920	164,795

Ad **agosto** sono state individuate 29 aggregazioni di pesce, di cui 3 ricadenti in un raggio di 300 m da Elettra (fig. 3.61). Il banco più lontano è stato rilevato a 1029,925 m dalla piattaforma (n. 26, Tab. 3-XLVII), il più vicino (n. 8) a 112,755 m. L'aggregazione con maggiore estensione areale (8891,168 m²) era la n. 15, mentre quella con maggior volume era la n. 6 (6579,656 m³). Le lunghezze EW e NS più ampie sono state registrate rispettivamente per i banchi n. 27 (67,493 m) e n. 29 (43,734 m; Tab. 3-XLVIII). Le aggregazioni sono state sondate in un range compreso tra 51,723 m (n. 15) e 77,277 m (n. 23).

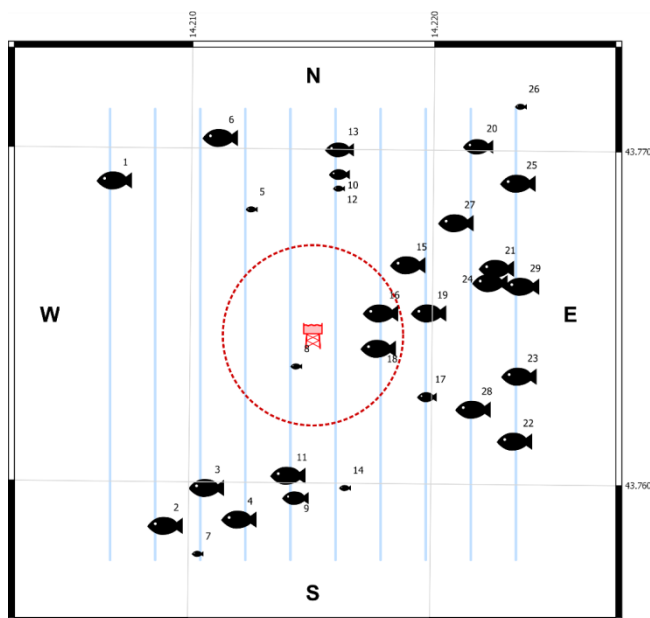


Fig. 3.61 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto in agosto 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XLVII - Distanza (m) dalla piattaforma Elettra dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nell'agosto 2018. In evidenza i banchi rilevati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)
1	851,649	16	234,184
2	796,500	17	418,366
3	612,749	18	212,573
4	651,222	19	387,485
5	479,910	20	838,953
6	740,464	21	647,300
7	816,807	22	745,638
8	112,755	23	689,466
9	533,415	24	611,047
10	552,664	25	850,493
11	462,791	26	1029,925
12	505,065	27	607,141
13	634,917	28	575,269
14	506,644	29	708,754
15	394,785		

Tab. 3-XLVIII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nell'agosto 2018. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde i banchi entro 300 m da Elettra.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	437,860	20,161	10,388	74,964	78,852	3,888	162,606	43,769125	14,206719	77,204	2,693	0	1
2	6657,221	30,368	37,017	54,976	67,742	12,766	3138,907	43,758791	14,208951	62,510	2,110	6	2
3	3067,953	29,193	31,889	62,370	76,966	14,596	2616,251	43,759939	14,210641	70,148	1,151	17	3
4	3842,316	31,203	35,063	60,418	74,321	13,903	1592,079	43,759000	14,212000	65,760	2,362	7	4
5	147,699	6,498	10,181	69,612	71,650	2,038	46,508	43,768276	14,212378	70,756	2,832	0	5
6	8542,736	37,271	48,492	57,530	75,840	18,310	6579,656	43,770427	14,211079	67,751	1,298	38	6
7	97,069	6,068	4,536	50,379	56,968	6,589	24,130	43,757941	14,210284	54,577	3,238	0	7
8	46,207	2,600	6,131	71,747	74,795	3,048	12,536	43,763584	14,214287	73,396	3,686	0	8
9	324,613	10,119	13,305	74,403	78,198	3,795	112,524	43,759652	14,214318	76,339	2,885	0	9
10	247,679	9,891	14,270	75,945	78,164	2,219	88,789	43,769353	14,216005	77,273	2,790	0	10
11	3189,444	18,560	26,620	57,738	72,152	14,414	1803,399	43,760328	14,214012	65,063	1,761	10	11
12	54,579	3,137	4,855	56,473	59,258	2,785	14,845	43,768923	14,215979	57,820	3,491	0	12
13	260,258	8,642	12,402	75,476	78,164	2,688	122,288	43,770099	14,216005	77,074	2,128	0	13
14	104,586	7,298	9,755	75,945	77,939	1,994	26,079	43,759955	14,216347	77,020	4,010	0	14
15	8891,168	32,753	57,159	28,208	69,485	41,277	5163,102	43,766667	14,218880	51,723	1,722	2	15
16	395,756	12,220	18,450	75,528	78,164	2,636	158,399	43,765216	14,217772	77,217	2,498	0	16
17	256,751	9,242	11,284	73,086	77,571	4,485	83,245	43,762707	14,219704	75,035	3,084	0	17
18	1177,053	16,689	23,796	65,241	70,967	5,726	664,221	43,764157	14,217692	68,124	1,662	6	18
19	496,722	15,921	12,871	74,217	78,164	3,947	220,680	43,765231	14,219760	76,521	2,151	1	19
20	276,903	11,585	12,126	72,522	76,871	4,349	128,214	43,770231	14,221740	74,783	2,160	0	20
21	3923,170	23,241	41,288	60,634	76,708	16,074	2744,228	43,766586	14,222544	68,902	1,430	8	21
22	5148,602	6,637	20,302	66,050	71,985	5,935	2562,243	43,761413	14,223357	68,841	1,972	0	22
23	481,067	17,186	15,632	75,500	78,164	2,664	168,551	43,763360	14,223516	77,277	2,854	0	23
24	3143,197	17,959	44,906	60,348	74,075	13,727	1610,855	43,766154	14,222282	68,121	1,951	6	24
25	484,407	12,083	11,776	72,732	76,861	4,129	213,997	43,769141	14,223399	75,149	2,134	1	25
26	104,340	9,543	5,228	72,107	74,863	2,756	35,133	43,771425	14,223465	73,821	2,970	0	26
27	7981,697	32,557	67,493	54,474	75,579	21,105	5828,834	43,767940	14,220851	65,265	1,369	1	27
28	798,692	20,704	14,004	70,711	77,688	6,977	485,568	43,762358	14,221631	74,347	1,645	2	28
29	6831,932	43,734	40,544	63,877	74,907	11,030	4630,649	43,766055	14,223589	69,332	1,463	88	29

Come mostrato dai grafici riportati in fig. 3.62, le caratteristiche metriche dei banchi vicini e lontani dalla piattaforma sono risultate comparabili. Le variabili acustiche delle aggregazioni sono descritte in Tab. 3-XLIX.

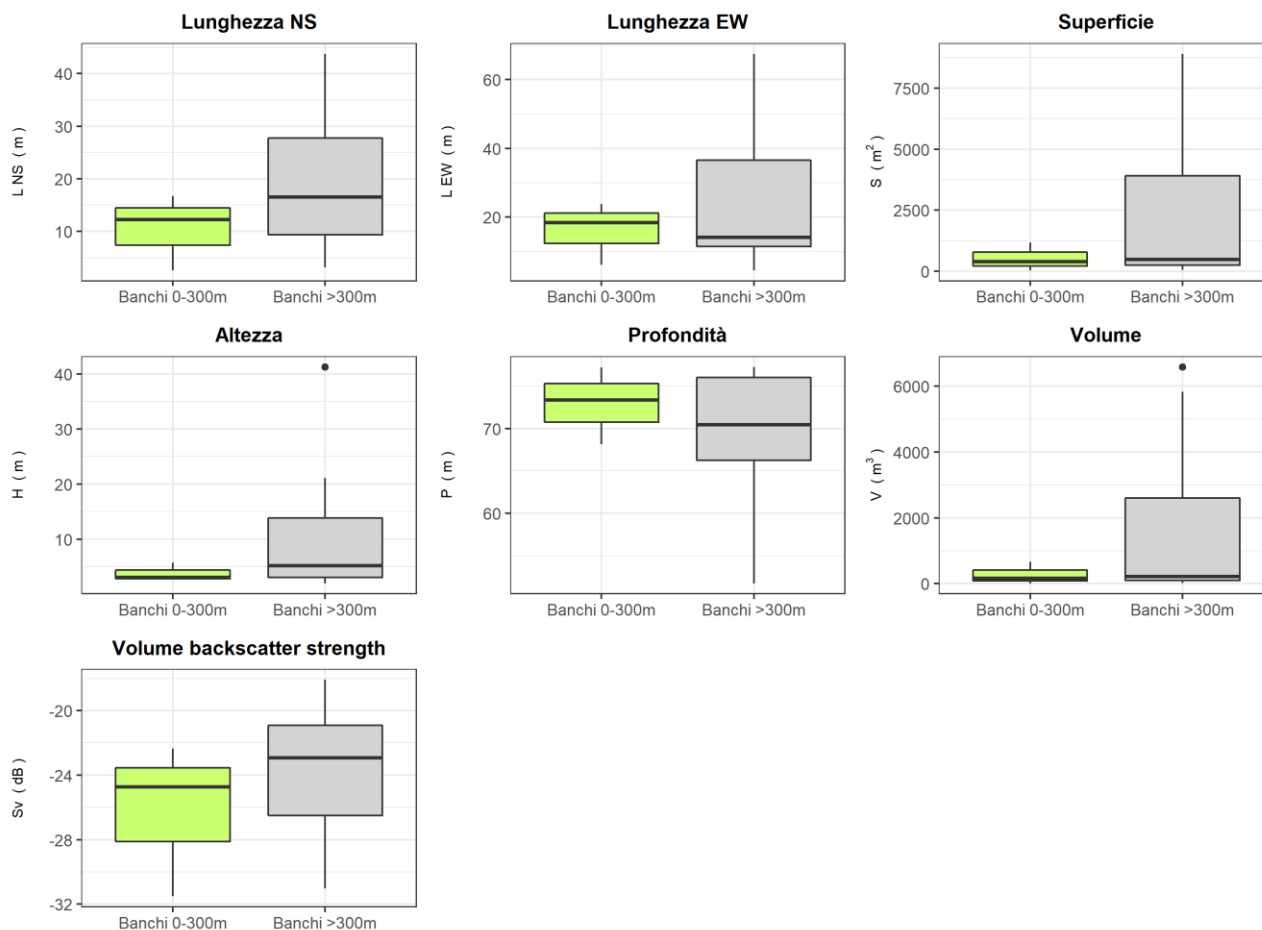


Fig. 3.62 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nell’agosto 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali outliers.

Tab. 3-XLIX - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento di agosto 2018 (in evidenza i banchi rilevati entro i 300 m).

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-27,035	562	19	250	-34,984	-17,484	19,791
2	-26,091	12768	29	1970	-34,984	-10,160	24,600
3	-18,727	9461	28	1449	-34,912	-3,150	134,062
4	-26,465	7063	32	1355	-34,993	-12,116	22,570
5	-22,417	178	7	80	-34,993	-12,493	57,326
6	-22,840	15496	39	1316	-34,983	-10,105	51,997
7	-19,230	71	3	27	-34,958	-12,008	119,410
8	-31,513	42	2	19	-34,802	-29,226	7,058
9	-20,390	372	9	176	-34,948	-9,875	91,422
10	-20,849	334	10	198	-34,912	-11,412	82,247
11	-23,009	7110	17	921	-34,993	-8,438	50,016
12	-18,100	65	3	26	-34,608	-10,107	154,899
13	-20,063	469	9	174	-34,912	-7,875	98,564

Tab. 3-XLIX - Continuo.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
14	-26,199	100	8	97	-34,912	-17,912	23,995
15	-31,022	12120	26	969	-34,999	-23,326	7,903
16	-24,729	509	11	260	-34,912	-15,875	33,657
17	-30,257	359	11	145	-34,948	-23,375	9,426
18	-22,358	2041	14	479	-34,993	-9,912	58,099
19	-19,758	852	17	276	-34,912	-8,339	105,740
20	-22,203	413	10	164	-34,912	-12,412	60,219
21	-26,536	6655	21	626	-34,983	-14,130	22,204
22	-29,504	191	1	45	-34,952	-22,072	11,209
23	-26,750	622	17	337	-34,912	-18,412	21,135
24	-24,435	4808	21	501	-34,983	-12,751	36,013
25	-22,340	808	13	235	-34,839	-12,264	58,339
26	-26,289	142	10	72	-34,726	-17,188	23,504
27	-30,185	18183	30	1579	-34,990	-22,020	9,583
28	-21,151	1597	19	356	-34,912	-9,375	76,717
29	-22,515	19869	46	3197	-34,993	-8,532	56,045

*Sv = Volume backscattering strength

A **settembre** sono stati individuati 45 banchi, di cui 4 (n. 16, 30, 31 e 32) tra i 230 e 250 m da Elettra (fig. 3.63). L'aggregazione n. 31 è risultata la più vicino alla struttura (231,341 m), mentre la più lontana è stata la n. 3 (939,046 m; Tab. 3-L). Il banco n. 10 ha presentato i valori maggiori di superficie e volume (rispettivamente 5094,657 m² e 2546,683 m³) mentre le maggiori lunghezze EW (62,938 m) e NS (40,994 m) sono state misurate rispettivamente per i banchi n. 13 e n. 3 (Tab. 3-LI). Le aggregazioni sono apparse concentrate per lo più in prossimità del fondale: la n. 35 sondata a 77,389 m è risultata la più profonda, la n. 21 è stata invece quella più superficiale (58,215 m).

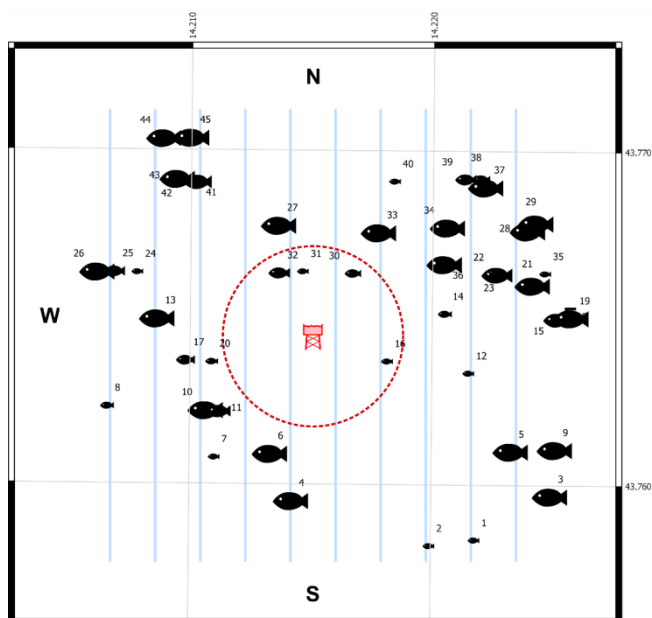


Fig. 3.63 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto a settembre 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-L - Distanza (m) dalla struttura Elettra dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di settembre 2018. In verde i banchi rilevati entro i 300 m.

Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)
1	849,856	24	635,449
2	782,805	25	706,677
3	939,046	26	761,045
4	541,301	27	399,858
5	748,845	28	792,166
6	407,372	29	828,964
7	516,350	30	253,062
8	727,548	31	231,341
9	876,971	32	253,416
10	433,438	33	413,668
11	399,650	34	576,219
12	519,824	35	793,450
13	532,186	36	496,724
14	437,872	37	759,684
15	806,057	38	766,594
16	247,779	39	730,546
17	437,851	40	588,271
18	828,571	41	655,884
19	853,711	42	680,024
20	353,323	43	706,373
21	743,807	44	840,524
22	641,478	45	789,161
23	634,446		

Tab. LI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel settembre 2018. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde i banchi entro 300 m da Elettra.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	74,845	7,434	4,162	73,953	76,300	2,347	23,676	43,758448	14,221673	75,218	3,161	0	1
2	80,060	8,083	5,641	73,399	75,678	2,279	18,008	43,758268	14,219815	74,696	4,446	0	2
3	2411,336	40,994	32,511	70,002	76,623	6,621	1011,331	43,759774	14,224821	74,202	2,384	0	3
4	640,431	17,360	18,849	72,195	76,623	4,428	227,998	43,759599	14,214121	75,079	2,809	1	4
5	800,216	15,990	5,784	73,301	76,623	3,322	408,532	43,761110	14,223180	75,161	1,710	0	5
6	540,033	17,006	14,487	73,988	77,267	3,279	209,089	43,761007	14,213232	76,105	2,583	0	6
7	123,580	9,337	8,330	73,160	76,186	3,026	34,398	43,760892	14,210903	74,787	3,593	0	7
8	174,563	8,784	7,795	74,235	77,248	3,013	59,029	43,762402	14,206479	76,022	2,838	0	8
9	577,313	5,816	5,895	72,848	76,470	3,622	201,162	43,761170	14,225004	74,077	2,371	0	9
10	5094,657	25,992	8,349	69,045	76,392	7,347	2546,683	43,762299	14,210559	73,047	1,734	0	10
11	381,621	13,626	9,930	72,238	76,623	4,385	103,344	43,762269	14,211099	75,495	3,408	0	11
12	44,918	4,382	3,777	60,019	63,631	3,612	9,991	43,763445	14,221392	61,578	4,496	0	12
13	4818,345	25,651	62,938	64,749	77,267	12,518	2288,666	43,765035	14,208520	74,061	2,031	6	13
14	208,111	5,923	10,987	72,592	75,583	2,991	59,234	43,765220	14,220404	74,375	3,636	0	14
15	391,193	14,548	18,348	75,337	78,555	3,218	115,255	43,765073	14,225050	77,318	3,394	0	15
16	90,955	7,568	6,098	74,262	75,971	1,709	22,407	43,763788	14,218028	75,220	4,059	0	16
17	270,421	21,001	13,414	74,018	76,623	2,605	80,356	43,763791	14,209708	75,620	3,365	0	17
18	184,794	10,950	5,401	74,012	77,221	3,209	55,994	43,765082	14,225330	75,909	3,212	0	18
19	1152,992	25,611	23,434	72,444	77,267	4,823	441,852	43,765122	14,225639	75,382	2,587	2	19
20	185,932	18,099	12,170	73,994	76,623	2,629	54,416	43,763750	14,210787	75,653	3,417	0	20
21	3585,105	21,043	30,100	50,250	66,245	15,995	1900,518	43,766089	14,224027	58,215	1,854	17	21
22	369,730	20,518	11,032	72,130	75,979	3,849	131,375	43,766406	14,222561	74,592	2,814	0	22
23	80,021	4,557	6,020	73,273	75,970	2,697	25,853	43,766476	14,222432	74,776	3,095	0	23
24	143,300	12,802	5,885	75,433	77,911	2,478	37,954	43,766421	14,207680	77,035	3,644	0	24
25	231,842	14,323	6,652	71,042	77,267	6,225	88,953	43,766433	14,206747	75,519	2,549	0	25
26	516,232	17,247	12,541	74,635	77,911	3,276	159,419	43,766421	14,206033	76,773	3,195	0	26

Tab. LI - Continuo.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
27	1160,601	31,174	21,890	71,104	76,623	5,519	448,582	43,767842	14,213523	74,236	2,587	1	27
28	1293,741	12,286	6,799	72,564	75,956	3,392	601,433	43,767715	14,223807	74,648	1,882	0	28
29	812,494	35,093	15,154	69,033	75,979	6,946	312,181	43,767952	14,224152	73,332	2,603	0	29
30	194,174	9,505	9,868	74,634	76,623	1,989	70,396	43,766418	14,216595	75,884	2,758	0	30
31	83,019	7,889	5,042	75,098	76,621	1,523	19,297	43,766466	14,214519	75,959	4,302	0	31
32	356,585	23,274	7,234	73,613	76,623	3,010	91,679	43,766419	14,213552	75,254	3,748	0	32
33	810,860	15,384	25,996	70,229	75,693	5,464	232,350	43,767645	14,217654	73,687	3,381	0	33
34	988,185	33,971	13,776	72,820	76,623	3,803	338,854	43,767807	14,220503	74,932	2,916	0	34
35	95,792	7,784	4,592	75,941	78,555	2,614	23,192	43,766442	14,224532	77,389	3,967	0	35
36	1404,531	27,894	22,637	66,407	76,126	9,719	629,375	43,766709	14,220381	72,980	2,232	0	36
37	716,574	24,371	9,393	68,845	76,268	7,423	243,415	43,769019	14,222066	72,897	2,915	0	37
38	250,385	14,934	17,463	72,322	75,938	3,616	74,920	43,769260	14,221870	74,450	3,342	0	38
39	318,473	29,352	6,614	71,999	76,623	4,624	90,694	43,769258	14,221229	74,612	3,512	0	39
40	175,601	16,609	14,122	74,731	76,623	1,892	49,527	43,769179	14,218291	75,960	3,546	0	40
41	403,517	16,598	11,571	73,139	77,267	4,128	119,725	43,769130	14,210158	76,366	3,310	0	41
42	119,922	12,661	3,774	75,141	77,267	2,126	40,291	43,769103	14,209630	76,330	2,976	0	42
43	717,184	22,962	18,352	73,504	77,267	3,763	238,105	43,769219	14,209314	75,998	2,868	0	43
44	476,707	15,244	13,899	73,726	77,267	3,541	147,728	43,770436	14,208738	75,910	3,227	0	44
45	1303,492	16,975	7,718	74,548	77,267	2,719	564,608	43,770455	14,209896	76,311	2,105	0	45

Dalla fig. 3.64 si evince che le caratteristiche metriche dei banchi osservati entro i 300 m dalla piattaforma erano sensibilmente minori rispetto a quelle dei banchi più lontani.

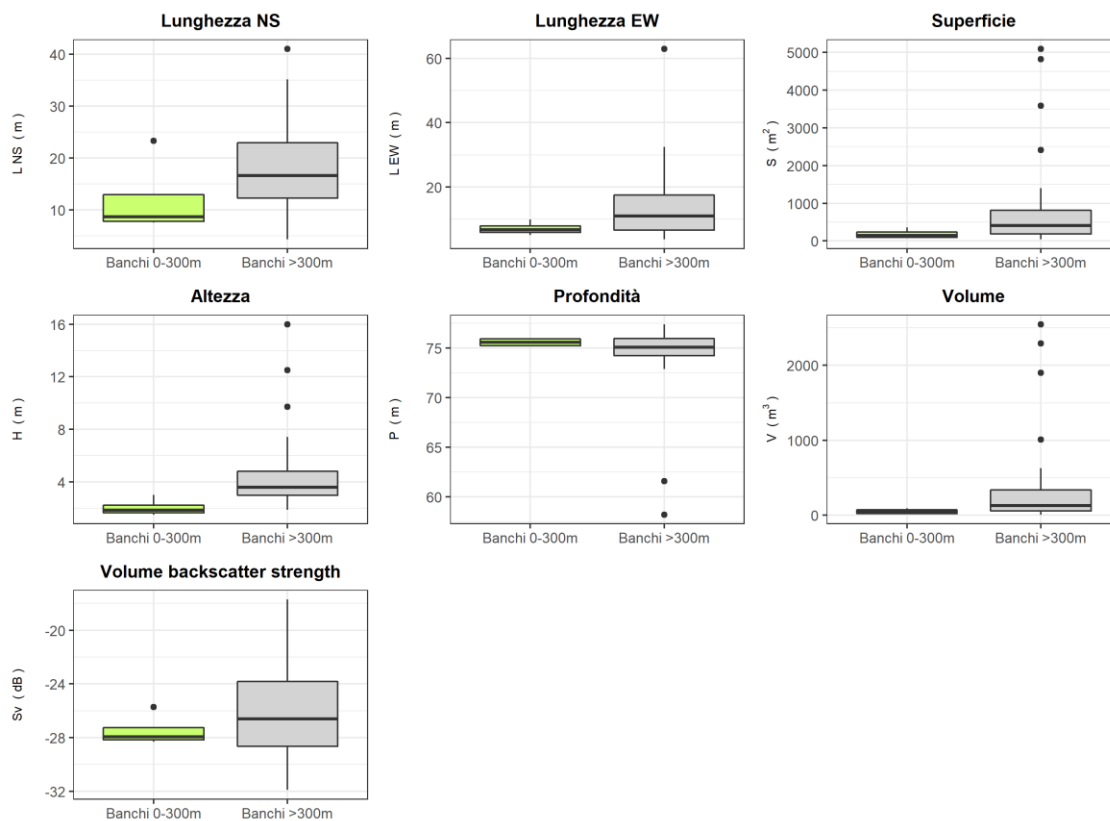


Fig. 3.64 – Box plot di alcune caratteristiche metriche e acustiche dei banchi rilevati nel settembre 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali outliers.

In Tab. 3-LII sono riportate le variabili acustiche dei banchi censiti.

Tab. 3-LII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento di settembre 2018 (in evidenza i banchi rilevati entro i 300 m).

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-28,694	84	3	47	-34,789	-23,289	13,507
2	-29,697	64	4	50	-34,789	-24,289	10,723
3	-24,572	4196	34	1703	-34,825	-6,325	34,895
4	-22,777	934	19	456	-34,825	-11,825	52,755
5	-25,954	126	1	38	-34,825	-18,751	25,388
6	-26,551	731	13	316	-34,862	-15,325	22,125
7	-29,919	126	8	85	-34,825	-24,825	10,187
8	-23,035	240	8	130	-34,862	-13,362	49,722
9	-28,990	20	1	8	-34,325	-24,289	12,617
10	-26,595	255	1	64	-34,751	-19,982	21,903
11	-28,958	242	12	127	-34,825	-20,714	12,712
12	-31,904	34	3	23	-34,982	-27,942	6,451
13	-18,516	9605	69	2807	-34,982	-4,825	140,745
14	-28,722	190	12	112	-34,825	-22,289	13,421
15	-27,516	476	20	306	-34,934	-16,898	17,716
16	-28,131	77	5	59	-34,788	-21,289	15,379
17	-25,680	287	11	203	-34,825	-15,325	27,038
18	-28,281	142	6	71	-34,862	-21,825	14,856
19	-22,651	1947	24	691	-34,862	-8,289	54,308
20	-28,095	193	12	123	-34,825	-21,789	15,506
21	-24,734	6782	26	812	-34,982	-7,789	33,620
22	-21,847	466	11	200	-34,789	-8,251	65,356
23	-29,955	93	5	47	-34,789	-25,251	10,104
24	-28,258	120	5	77	-34,898	-20,898	14,936
25	-22,719	324	5	135	-34,862	-12,325	53,465
26	-22,230	407	11	266	-34,898	-10,898	59,835
27	-26,208	1942	26	784	-34,825	-14,288	23,944
28	-17,717	71	1	29	-34,714	-12,789	169,167
29	-26,453	1227	13	576	-34,789	-17,751	22,631
30	-27,762	244	8	139	-34,825	-18,789	16,744
31	-28,315	68	4	56	-34,825	-22,789	14,739
32	-25,714	205	5	137	-34,825	-18,289	26,828
33	-28,451	906	28	444	-34,825	-18,789	14,285
34	-28,293	1383	15	674	-34,825	-18,788	14,814
35	-23,809	53	3	43	-34,898	-16,934	41,602
36	-28,789	2146	18	508	-34,934	-21,398	13,215
37	-28,651	853	9	311	-34,825	-19,789	13,643
38	-27,662	267	17	167	-34,789	-19,289	17,130
39	-28,017	297	7	164	-34,825	-16,289	15,787
40	-23,812	177	11	136	-34,825	-13,825	41,574
41	-23,026	405	10	249	-34,862	-12,862	49,819
42	-27,158	144	3	69	-34,862	-19,862	19,241
43	-25,108	781	16	452	-34,862	-13,325	30,845
44	-29,485	636	15	295	-34,862	-22,325	11,259
45	-24,578	66	1	30	-34,825	-17,325	34,848

*Sv = Volume backscattering strength

Ad **ottobre** sono state individuate 51 aggregazioni di pesce di cui 8 entro 300 m da Elettra (n.16, 17, 18, 21, 23, 24, 28 e 32; fig. 3.65). Il banco più vicino è stato registrato a 81,348 m dalla piattaforma (n. 17) mentre il più lontano a 1061,153 m (n. 47, Tab. 3-LIII). Al n. 26 competono i valori maggiori di superficie e volume (8596,531 m² e 8121,537 m³), al banco n. 23 le maggiori estensioni sia in direzione EW (47,504 m) che NS (39,689 m; Tab. 3-LIV). L'aggregazione n. 23 è anche risultata quella più profonda (76,175 m) mentre la n. 51 è stata quella più superficiale (11,728 m). Le caratteristiche metriche dei banchi posti

entro 300 m dalla piattaforma sono risultate generalmente maggiori rispetto a quelli sondati oltre i 300 m (fig. 3.66). In particolare, i primi si sono distinti dai secondi per maggiore estensione in altezza e per le lunghezze EW e NS. In Tab. 3-LV sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

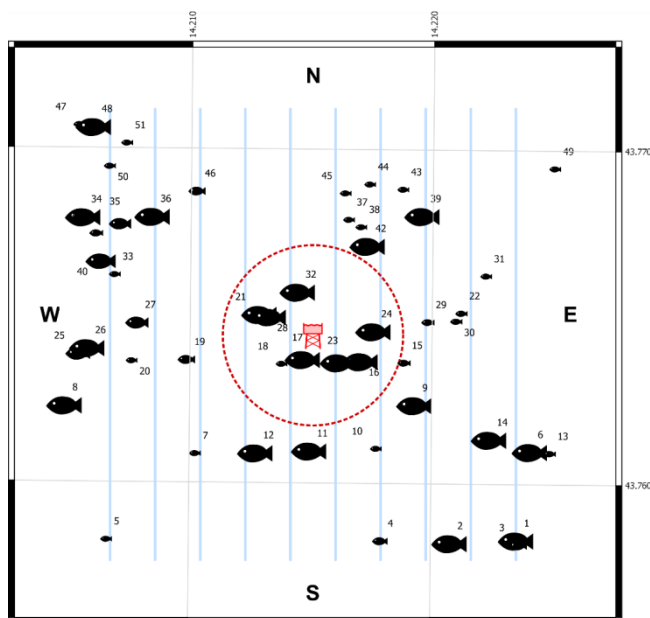


Fig. 3.65 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto in ottobre 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LIII - Distanza (m) dalla struttura Elettra dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di ottobre 2018. In verde le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)
1	947,301	18	141,219	35	754,721
2	814,329	19	435,295	36	678,296
3	962,536	20	616,761	37	410,349
4	706,835	21	203,789	38	400,399
5	964,284	22	491,735	39	540,155
6	806,967	23	109,370	40	759,643
7	553,790	24	193,539	41	810,203
8	863,959	25	791,608	42	352,858
9	396,780	26	760,278	43	574,657
10	417,739	27	596,309	44	543,737
11	374,107	28	170,486	45	493,355
12	429,457	29	377,023	46	630,194
13	868,094	30	470,799	47	1061,153
14	668,238	31	603,525	48	1021,251
15	304,808	32	166,139	49	975,642
16	167,894	33	702,078	50	894,371
17	81,348	34	873,293	51	905,036

Tab. 3-LIV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nell'ottobre 2018. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume (in evidenza i banchi osservati entro 300 m da Elettra).

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	718,401	13,335	6,099	73,705	75,979	2,274	285,049	43,758420	14,223436	74,988	2,187	0	0,000
2	492,440	22,517	15,693	71,827	75,979	4,152	208,583	43,758322	14,220688	74,597	2,338	0	0,000
3	190,942	7,292	8,706	71,348	75,587	4,239	78,151	43,758283	14,223515	73,651	2,443	0	0,000
4	203,118	13,731	7,068	73,581	75,979	2,398	66,089	43,758374	14,217806	74,907	3,073	0	0,000
5	120,983	11,509	5,511	74,687	76,623	1,936	36,459	43,758368	14,206492	75,834	3,318	0	0,000
6	447,133	21,209	11,028	73,888	76,623	2,735	177,986	43,761074	14,223974	75,575	2,512	0	0,000
7	141,421	6,115	3,868	73,793	76,564	2,771	40,875	43,760959	14,210128	74,882	2,663	0	0,000
8	421,597	8,759	7,851	74,018	76,462	2,444	155,010	43,762372	14,204724	75,322	2,318	0	0,000
9	1446,749	27,413	7,031	74,190	77,267	3,077	536,557	43,762447	14,219184	76,135	2,315	0	0,000
10	93,383	7,488	7,209	74,599	76,541	1,942	25,977	43,761138	14,217606	75,570	3,595	0	0,000
11	767,569	28,871	14,118	73,896	77,267	3,371	309,594	43,761058	14,214853	76,123	2,479	0	0,000
12	1557,953	18,867	6,724	73,658	77,267	3,609	755,241	43,760988	14,212626	75,861	1,737	0	0,000
13	182,025	14,714	9,569	74,139	76,623	2,484	52,859	43,761028	14,224791	75,626	3,444	0	0,000
14	4012,766	38,986	31,238	52,833	73,942	21,109	2530,552	43,761431	14,222279	68,352	1,586	0	0,000
15	166,683	7,508	6,061	74,619	76,623	2,004	56,933	43,763713	14,218735	75,785	2,476	0	0,000
16	806,107	16,918	26,842	73,077	76,623	3,546	248,543	43,763748	14,216943	75,523	3,285	0	0,000
17	1110,744	23,226	19,640	72,873	77,267	4,394	377,303	43,763796	14,214553	76,075	2,944	0	0,000
18	103,976	6,231	6,765	73,642	75,869	2,227	27,998	43,763658	14,213675	75,004	3,714	0	0,000
19	190,161	11,501	9,677	74,255	77,267	3,012	74,330	43,763767	14,209745	75,660	2,558	0	0,000
20	103,638	9,032	5,917	74,494	76,623	2,129	35,696	43,763723	14,207476	75,577	2,903	0	0,000
21	596,528	28,604	8,924	72,675	76,623	3,948	200,341	43,765135	14,212743	74,829	2,777	0	0,000
22	174,637	7,552	11,213	72,195	74,942	2,747	52,070	43,765208	14,221089	73,398	3,354	0	0,000
23	2501,248	39,689	47,504	72,931	77,911	4,980	880,609	43,763708	14,216012	76,175	2,840	0	0,000
24	1771,559	27,777	16,938	47,044	74,585	27,541	1125,717	43,764649	14,217461	62,845	1,574	0	0,000
25	333,354	11,868	12,032	66,762	75,593	8,831	105,255	43,763924	14,205267	72,159	3,167	0	0,000
26	8596,531	15,771	7,042	58,561	68,912	10,351	8121,537	43,764092	14,205643	63,813	0,938	0	0,000
27	329,614	8,514	8,991	57,294	64,325	7,031	99,338	43,764862	14,207694	61,957	3,118	0	0,000
28	585,317	14,074	11,798	57,095	76,623	19,528	145,159	43,765060	14,213150	61,485	3,735	0	0,000
29	171,949	10,844	4,405	58,241	64,715	6,474	56,286	43,764936	14,219707	60,950	2,960	0	0,000
30	146,573	8,178	8,469	73,092	75,837	2,745	51,539	43,764967	14,220877	74,552	2,844	0	0,000
31	142,406	12,435	7,677	64,967	67,437	2,470	37,580	43,766328	14,222099	66,253	3,789	0	0,000
32	4906,487	35,702	40,787	28,904	65,199	36,295	3069,639	43,765813	14,214317	46,515	1,598	2	0,677
33	64,451	4,765	4,318	61,503	63,983	2,480	15,397	43,766300	14,206748	62,901	3,997	0	0,000
34	882,706	12,299	21,492	53,076	59,771	6,695	339,798	43,768013	14,205424	56,450	2,598	1	0,412
35	345,865	11,625	11,519	54,420	61,488	7,068	94,872	43,767819	14,206955	57,514	3,646	0	0,000
36	1379,892	22,855	21,348	40,876	50,776	9,900	490,967	43,768044	14,208292	45,398	2,800	0	0,000
37	59,958	6,107	3,521	54,476	57,645	3,169	17,600	43,767990	14,216405	55,994	3,407	0	0,000
38	76,319	5,216	2,232	61,695	64,389	2,694	16,022	43,767772	14,216916	63,407	4,677	0	0,000
39	1336,723	21,076	21,697	35,766	47,558	11,792	741,754	43,768114	14,219446	41,876	1,762	10	2,964
40	317,299	10,135	10,429	59,635	66,268	6,633	128,045	43,766697	14,206176	63,122	2,435	0	0,000
41	195,591	8,672	9,292	61,782	65,493	3,711	59,317	43,767528	14,205969	63,831	3,297	0	0,000
42	1446,604	23,547	9,830	28,905	51,214	22,309	737,836	43,767206	14,217190	40,067	1,961	0	0,000
43	122,816	6,941	7,182	65,676	69,901	4,225	44,131	43,768906	14,218639	67,799	2,783	0	0,000
44	73,415	7,308	3,486	38,310	41,143	2,833	22,882	43,769054	14,217267	39,723	3,208	0	0,000
45	119,740	6,435	6,383	61,177	66,132	4,955	28,265	43,768781	14,216257	63,627	4,105	0	0,000
46	230,858	11,596	17,555	36,331	46,106	9,775	72,643	43,768814	14,210119	41,571	3,178	0	0,000
47	185,581	9,394	6,097	47,369	53,507	6,138	53,211	43,770780	14,205235	50,423	3,488	0	0,000
48	570,129	13,988	13,926	16,193	23,988	7,795	213,284	43,770718	14,205829	20,435	2,614	1	0,434
49	99,963	8,992	4,974	45,557	48,794	3,237	27,777	43,769559	14,224909	47,106	3,599	0	0,000
50	138,654	7,781	6,731	33,033	37,830	4,797	50,772	43,769543	14,206502	35,353	2,731	0	0,000
51	160,520	6,320	10,763	8,185	13,763	5,578	42,919	43,770243	14,207207	11,728	3,740	0	0,000

Tab. 3-LV - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto in ottobre 2018 (in evidenza i banchi osservati entro 300 m da Elettra).

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-19,288	62	1	31	-34,751	-12,289	117,811
2	-21,372	735	14	289	-34,789	-7,751	72,908
3	-28,327	224	6	79	-34,789	-21,788	14,699
4	-18,988	231	6	132	-34,789	-9,251	126,248
5	-22,047	127	5	90	-34,825	-13,825	62,421
6	-20,304	612	8	316	-34,825	-9,288	93,236
7	-27,076	84	3	36	-34,789	-20,751	19,606
8	-28,669	37	1	18	-34,825	-25,825	13,586
9	-17,054	100	1	52	-34,325	-9,325	197,074
10	-27,257	88	6	57	-34,789	-20,825	18,806
11	-20,837	1109	12	542	-34,862	-8,862	82,464
12	-22,548	129	1	41	-34,789	-13,825	55,613
13	-23,770	178	9	117	-34,825	-14,325	41,972
14	-20,087	7243	24	1138	-34,969	-5,862	98,014
15	-21,321	166	5	71	-34,789	-13,325	73,771
16	-28,554	694	24	455	-34,825	-16,825	13,952
17	-24,668	1304	17	726	-34,862	-10,362	34,133
18	-30,267	98	6	71	-34,788	-24,288	9,404
19	-22,399	263	9	117	-34,825	-12,362	57,560
20	-24,527	126	5	64	-34,825	-15,289	35,260
21	-19,326	486	9	223	-34,825	-3,751	116,802
22	-27,554	203	11	109	-34,789	-18,751	17,564
23	-23,079	2993	43	1618	-34,898	-1,898	49,216
24	-21,976	4289	16	484	-34,969	-11,434	63,449
25	-26,578	341	10	192	-34,862	-14,362	21,988
26	-24,833	194	1	16	-34,955	-21,477	32,863
27	-27,039	326	10	124	-34,821	-19,195	19,774
28	-27,626	421	13	201	-34,825	-17,825	17,276
29	-25,636	285	3	77	-34,978	-16,066	27,316
30	-27,223	204	8	99	-34,825	-18,289	18,954
31	-31,294	141	7	83	-34,902	-26,279	7,423
32	-30,265	8534	29	952	-34,971	-18,469	9,407
33	-27,062	60	4	33	-34,566	-19,522	19,670
34	-25,861	1620	22	444	-34,978	-15,522	25,933
35	-29,648	504	11	222	-34,958	-21,058	10,844
36	-27,152	2114	18	560	-34,981	-17,408	19,265
37	-23,426	103	4	49	-34,888	-14,342	45,432
38	-30,186	32	2	19	-34,978	-26,022	9,580
39	-20,418	3707	21	715	-34,981	-6,908	90,828
40	-24,076	479	10	152	-34,982	-14,100	39,119
41	-30,232	281	10	139	-34,902	-22,738	9,479
42	-31,631	2220	7	230	-34,969	-24,434	6,870
43	-25,895	176	7	77	-34,789	-16,676	25,734
44	-24,095	147	3	65	-34,751	-13,047	38,951
45	-30,231	100	6	53	-34,789	-25,638	9,481
46	-24,603	356	16	152	-34,857	-15,252	34,649
47	-27,380	233	5	93	-34,978	-18,433	18,281
48	-21,652	1814	14	370	-34,952	-8,121	68,367
49	-23,626	151	4	68	-34,958	-14,106	43,392
50	-24,192	243	7	72	-34,933	-15,522	38,089
51	-18,678	599	11	191	-34,966	-8,590	135,590

*Sv = Volume backscattering strength

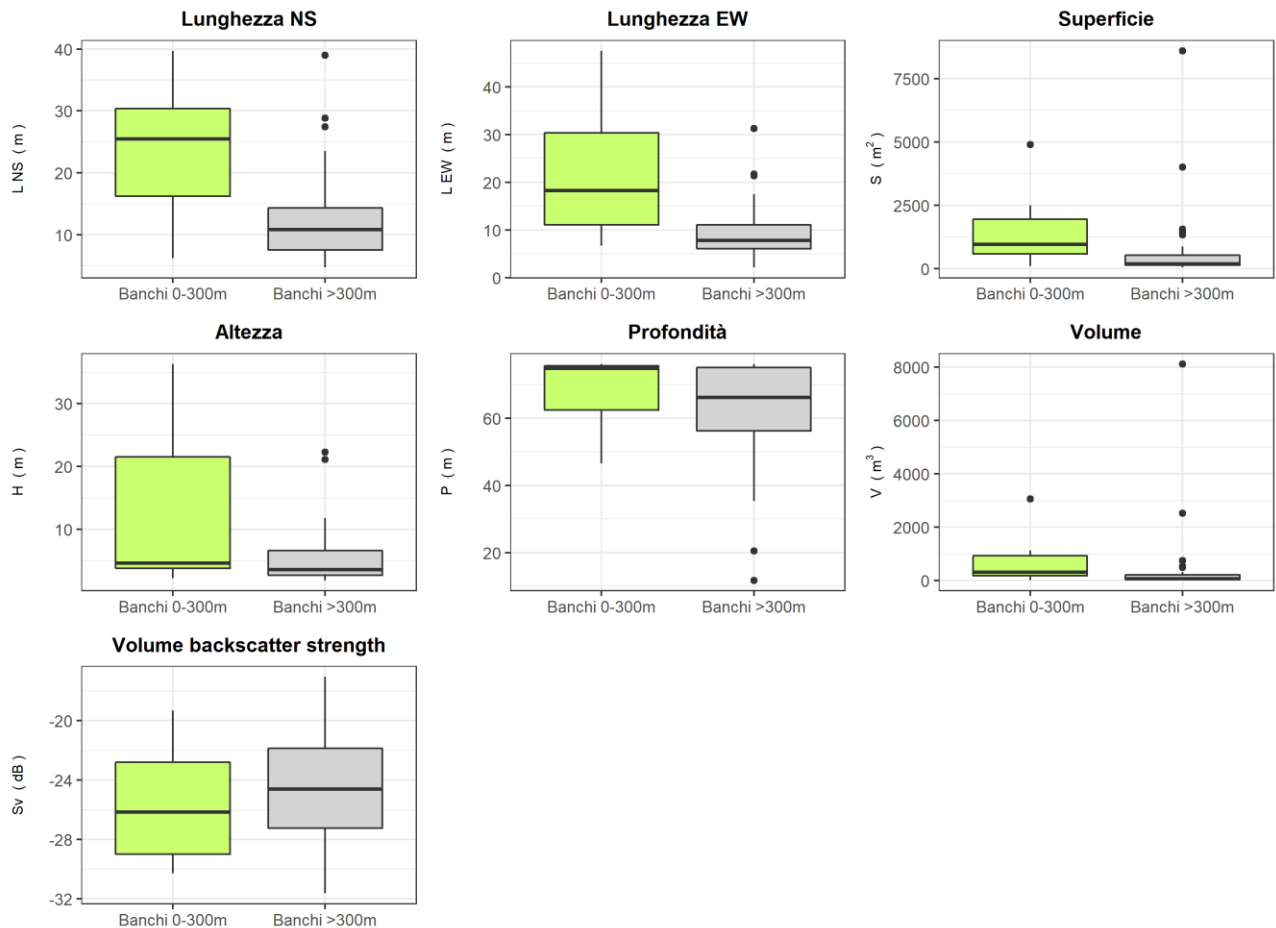


Fig. 3.66 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in ottobre 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali *outliers*.

A **novembre** sono stati individuati 55 banchi, di cui 9 entro 300 m da Elettra (fig. 3.67). Il banco più vicino è risultato il n. 38 e il più lontano il n. 6, distanti rispettivamente 77,902 m e 1073,72 m dalla piattaforma (Tab. 3-LVI). L'aggregazione più ampia in termini di superficie è stata la n. 40 (3686,626 m²), la più rilevante per volume ed stensione EW è risultata la n. 37 (1169,939 m³ e 36,927 m rispettivamente), mentre la maggior lunghezza NS è stata misurata per il banco n. 39, con 35,418 m (Tab. 3-LVII). Le profondità sono oscillate tra 51,352 m (n. 51) e 77,320 m (n. 52). Dai grafici in fig. 3.68 si evince che i banchi compresi entro il raggio di 300 m dalla piattaforma erano mediamente più grandi di quelli posti all'esterno di questo limite, soprattutto per quanto riguarda il volume, la superficie e le lunghezze (EW e NS), mentre l'altezza è risultata del tutto paragonabile. In Tab. 3-LVIII sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

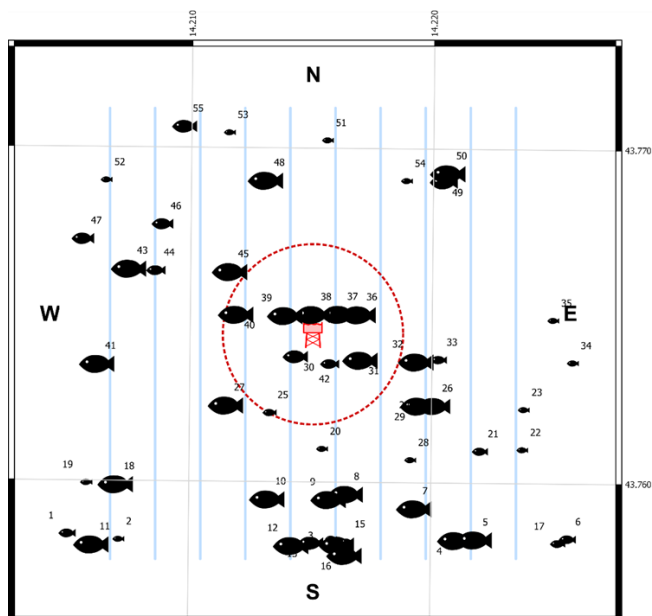


Fig. 3.67 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto a novembre 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LVI - Distanza (m) dalla struttura Elettra dei banchi di pesce individuat durante il campionamento di novembre 2018. In verde le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)
1	1051,177	20	370,866	39	125,210
2	937,726	21	665,128	40	275,424
3	671,288	22	782,823	41	731,263
4	819,356	23	732,786	42	99,010
5	855,863	24	440,027	43	662,157
6	1073,720	25	292,401	44	576,872
7	656,897	26	454,979	45	359,666
8	530,344	27	372,705	46	634,868
9	540,000	28	515,030	47	841,683
10	559,807	29	410,425	48	549,437
11	1013,311	30	91,383	49	672,102
12	696,247	31	166,961	50	701,866
13	682,817	32	344,609	51	657,669
14	693,293	33	416,407	52	872,280
15	686,573	34	859,804	53	740,467
16	730,508	35	792,360	54	602,673
17	1058,265	36	162,194	55	827,973
18	823,235	37	110,844		
19	901,474	38	77,902		

Tab. 3-LVII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuat a novembre 2018. S = superficie, L = lunghezza, P = profondit, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondit (m)	Ruvidit (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	199,452	10,126	2,925	70,004	74,560	4,556	72,793	43,758506	14,204885	72,370	2,565	0	0,000
2	117,181	6,055	9,749	74,343	76,597	2,254	36,095	43,758340	14,206998	75,695	3,246	0	0,000
3	191,749	23,466	6,698	74,256	77,252	2,996	50,853	43,758401	14,215793	75,970	3,771	0	0,000

Tab. 3-LVII – Continuo.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
4	1288,344	28,057	15,208	65,271	74,677	9,406	613,574	43,758386	14,220928	70,007	2,079	2	0,451
5	576,189	13,438	8,965	50,628	60,178	9,550	179,956	43,758410	14,221727	55,799	3,179	0	0,000
6	275,766	10,786	8,310	63,407	66,007	2,600	72,362	43,758443	14,225557	64,557	3,499	0	0,000
7	574,280	14,036	16,187	58,787	65,379	6,592	181,985	43,759328	14,219221	62,396	3,122	0	0,000
8	340,552	9,796	5,784	74,568	77,252	2,684	147,535	43,759744	14,216393	76,086	2,179	0	0,000
9	1052,955	18,034	14,905	64,632	71,912	7,280	317,643	43,759580	14,215679	69,688	2,916	0	0,000
10	876,434	9,347	6,872	72,532	76,881	4,349	356,681	43,759581	14,213143	74,375	2,100	0	0,000
11	1169,099	16,669	17,535	57,051	64,380	7,329	432,765	43,758183	14,205893	60,815	2,606	0	0,000
12	1805,155	28,541	15,085	59,836	69,524	9,688	783,291	43,758190	14,214147	65,378	2,186	6	2,038
13	306,031	11,246	14,332	72,691	77,158	4,467	108,644	43,758276	14,214956	75,625	2,817	0	0,000
14	621,536	21,977	11,391	57,560	65,611	8,051	160,164	43,758220	14,216041	62,333	3,830	0	0,000
15	123,105	13,780	6,976	74,961	76,608	1,647	34,839	43,758320	14,216436	76,001	3,534	0	0,000
16	1870,957	15,482	14,542	53,482	65,156	11,674	500,468	43,757911	14,216358	60,456	3,577	0	0,000
17	231,838	6,727	8,285	72,534	75,873	3,339	65,311	43,758309	14,225161	74,432	3,339	0	0,000
18	570,615	14,208	15,101	60,539	68,065	7,526	200,508	43,759995	14,206876	64,144	2,832	0	0,000
19	124,399	5,768	6,531	55,081	61,408	6,327	52,529	43,760036	14,205655	57,622	2,172	0	0,000
20	103,530	5,340	2,627	68,305	72,009	3,704	21,511	43,761091	14,215383	69,484	5,105	0	0,000
21	189,664	10,036	9,193	74,015	76,608	2,593	67,467	43,761053	14,221908	75,750	2,719	0	0,000
22	127,679	17,475	4,850	74,364	76,608	2,244	31,385	43,761105	14,223657	75,791	4,068	0	0,000
23	69,471	8,117	4,889	73,957	76,371	2,414	20,678	43,762309	14,223700	75,124	3,360	0	0,000
24	101,167	7,239	6,855	74,007	76,995	2,988	25,901	43,762337	14,219725	75,539	3,906	0	0,000
25	142,558	4,890	5,518	52,140	55,483	3,343	60,078	43,762167	14,213204	53,910	2,052	0	0,000
26	427,055	16,793	8,824	59,836	64,376	4,540	141,866	43,762412	14,220001	62,173	2,923	0	0,000
27	642,300	10,481	29,125	73,755	76,608	2,853	231,913	43,762382	14,211401	75,756	2,531	0	0,000
28	125,702	10,938	5,728	63,013	66,517	3,504	32,101	43,760777	14,219031	64,721	3,768	0	0,000
29	506,060	6,712	6,227	66,648	70,316	3,668	203,578	43,762404	14,219348	68,656	2,155	0	0,000
30	381,420	14,342	17,691	72,916	76,342	3,426	107,081	43,763855	14,214255	74,947	3,562	0	0,000
31	940,850	9,348	5,897	70,987	76,608	5,621	468,724	43,763762	14,216940	73,560	1,867	0	0,000
32	683,874	15,340	7,139	73,914	77,252	3,338	273,948	43,763725	14,219248	75,565	2,152	0	0,000
33	178,307	8,133	7,820	71,979	76,572	4,593	69,110	43,763788	14,220175	74,216	2,580	0	0,000
34	124,687	6,483	6,327	74,621	76,977	2,356	50,923	43,763720	14,225714	75,846	2,191	0	0,000
35	86,620	7,201	5,749	74,701	77,447	2,746	35,266	43,764989	14,224889	76,137	2,456	0	0,000
36	1261,328	27,345	19,648	74,044	76,608	2,564	420,618	43,765124	14,216844	75,682	3,010	0	0,000
37	2425,647	27,253	36,927	71,728	76,608	4,880	1169,939	43,765132	14,216045	75,344	2,029	2	1,053
38	2067,368	30,589	30,111	72,863	77,252	4,389	885,384	43,765118	14,214950	75,484	2,335	1	0,247
39	2165,069	35,418	28,591	72,217	76,608	4,391	1057,797	43,765079	14,213812	74,911	2,047	0	0,000
40	3686,626	23,632	30,180	47,329	70,805	23,476	1073,718	43,765103	14,211787	55,690	3,275	0	0,000
41	909,476	10,067	5,920	72,441	75,998	3,557	380,982	43,763594	14,206064	74,110	1,715	0	0,000
42	295,843	15,014	11,780	72,099	77,079	4,980	80,237	43,763642	14,215670	74,481	3,687	0	0,000
43	1238,028	20,097	16,375	54,853	63,265	8,412	336,570	43,766455	14,207343	59,540	3,647	0	0,000
44	251,768	8,486	12,813	74,602	77,896	3,294	81,555	43,766404	14,208452	76,403	3,087	0	0,000
45	807,395	22,084	14,323	70,990	76,608	5,618	370,814	43,766381	14,211518	74,343	2,177	0	0,000
46	310,165	5,200	9,471	65,835	71,376	5,541	92,258	43,767799	14,208712	67,803	2,454	0	0,000
47	349,567	11,835	10,596	57,886	62,373	4,487	95,187	43,767342	14,205427	59,921	3,662	0	0,000
48	680,783	21,159	13,035	61,582	68,086	6,504	210,328	43,769127	14,212966	64,470	3,168	0	0,000
49	320,581	20,297	5,713	73,807	76,608	2,801	118,588	43,769126	14,220331	75,361	2,703	0	0,000
50	688,543	11,789	14,224	64,765	72,454	7,689	202,757	43,769372	14,220498	68,788	3,396	0	0,000
51	98,137	4,502	7,449	49,322	53,309	3,987	25,575	43,770336	14,215507	51,352	3,402	0	0,000
52	179,912	9,707	6,413	75,790	77,896	2,106	41,474	43,769102	14,206373	77,320	4,043	0	0,000
53	42,391	4,687	3,509	65,736	68,466	2,730	10,153	43,770549	14,211448	67,132	4,175	0	0,000
54	167,695	8,167	5,880	73,930	76,608	2,678	43,187	43,769136	14,218787	75,573	3,465	0	0,000
55	430,127	14,459	13,000	66,105	71,527	5,422	105,876	43,770729	14,209592	68,960	4,025	0	0,000

Tab. 3-LVIII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati nel novembre 2018. In evidenza i banchi osservati entro 300 m da Elettra

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-32,553	205	3	42	-34,933	-30,433	5,555
2	-29,947	149	10	78	-34,824	-23,788	10,124
3	-27,524	204	7	150	-34,861	-16,361	17,683
4	-20,279	2781	15	607	-34,981	-8,021	93,785
5	-27,798	1054	10	275	-34,957	-17,957	16,604
6	-28,920	245	8	143	-34,695	-21,652	12,823
7	-28,231	655	16	244	-34,981	-17,288	15,028
8	-27,907	47	1	19	-34,824	-23,788	16,194
9	-27,865	715	13	313	-34,861	-19,175	16,351
10	-29,637	46	1	17	-34,751	-24,213	10,871
11	-27,292	2129	19	544	-34,977	-16,249	18,654
12	-25,266	3548	16	896	-34,977	-12,737	29,742
13	-28,000	460	15	210	-34,861	-20,288	15,850
14	-29,363	670	12	334	-34,977	-21,195	11,579
15	-24,658	151	6	107	-34,824	-14,824	34,215
16	-28,178	997	15	285	-34,981	-15,195	15,211
17	-27,133	167	8	87	-34,788	-17,751	19,349
18	-27,410	703	13	219	-34,861	-16,713	18,154
19	-21,394	217	7	76	-34,637	-8,099	72,552
20	-31,295	26	2	21	-34,981	-27,481	7,422
21	-22,895	268	8	140	-34,824	-11,288	51,350
22	-28,382	124	5	99	-34,824	-17,788	14,514
23	-28,036	80	4	42	-34,824	-21,788	15,718
24	-30,205	103	7	59	-34,824	-24,788	9,538
25	-17,606	42	1	14	-34,154	-10,701	173,547
26	-24,843	603	9	217	-34,977	-13,433	32,789
27	-23,424	652	28	314	-34,824	-12,324	45,456
28	-30,027	116	6	60	-34,981	-25,981	9,938
29	-27,345	33	1	10	-34,481	-22,942	18,428
30	-22,877	442	19	377	-34,824	-13,324	51,553
31	-26,598	71	1	22	-34,675	-20,675	21,890
32	-29,606	64	1	25	-34,324	-25,288	10,950
33	-29,439	297	8	103	-34,788	-23,213	11,380
34	-26,574	31	1	13	-34,788	-22,324	22,009
35	-27,623	140	6	59	-34,933	-20,897	17,286
36	-17,248	1173	18	719	-34,824	-2,288	188,460
37	-17,284	4077	35	1774	-34,824	-4,324	186,893
38	-17,501	3459	27	1562	-34,861	-2,788	177,784
39	-21,482	4114	29	1505	-34,824	-9,824	71,084
40	-28,009	4422	29	1140	-34,980	-15,356	15,816
41	-30,329	61	1	18	-34,861	-25,288	9,270
42	-28,687	332	13	151	-34,861	-19,361	13,531
43	-28,796	1555	17	538	-34,977	-18,933	13,193
44	-28,620	351	13	156	-34,897	-20,824	13,739
45	-22,284	1616	17	499	-34,824	-9,251	59,100
46	-37,763	180	9	83	-34,981	-23,442	1,674
47	-27,681	267	9	123	-34,981	-17,901	17,057
48	-28,310	901	14	347	-34,977	-17,609	14,756
49	-26,183	492	6	224	-34,824	-18,288	24,081
50	-29,724	936	16	276	-34,981	-20,824	10,656
51	-20,093	110	7	51	-34,856	-10,856	97,891
52	-26,843	104	7	82	-34,897	-20,397	20,685
53	-31,443	43	3	23	-34,861	-26,820	7,172
54	-28,464	119	5	55	-34,824	-22,288	14,244
55	-32,256	299	11	155	-34,981	-26,824	5,948

*Sv = Volume backscattering strength

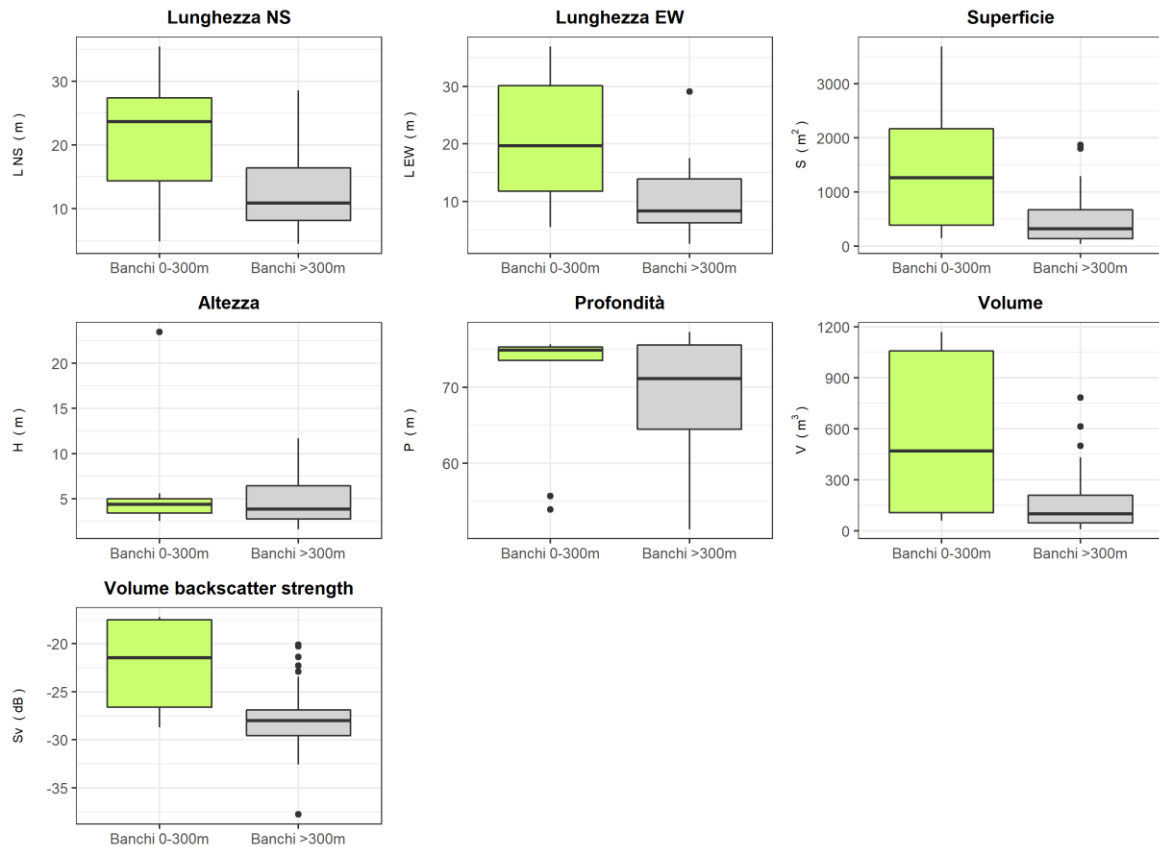


Fig. 3.68 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel novembre 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali outliers.

Infine, a **dicembre** sono state individuate 84 aggregazioni di pesce di cui 7 entro 300 m da Elettra (fig. 3.69). Il banco n. 42 era il più vicino alla struttura (92,799 m), il n. 73 quello più lontano (1079,554; Tab. 3-LIX). Le caratteristiche metriche massime sono state misurate per il banco n. 43 (Tab. 3-LX). L'aggregazione più superficiale (n. 42) è stata osservata a 45,161 m, quella più profonda (n. 62) a 77,168 m. Fatta eccezione per l'altezza, le caratteristiche metriche dei banchi posti entro ed oltre il raggio di 300 m da Elettra sono risultate del tutto comparabili (fig. 3.70). In Tab. 3-LXI sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

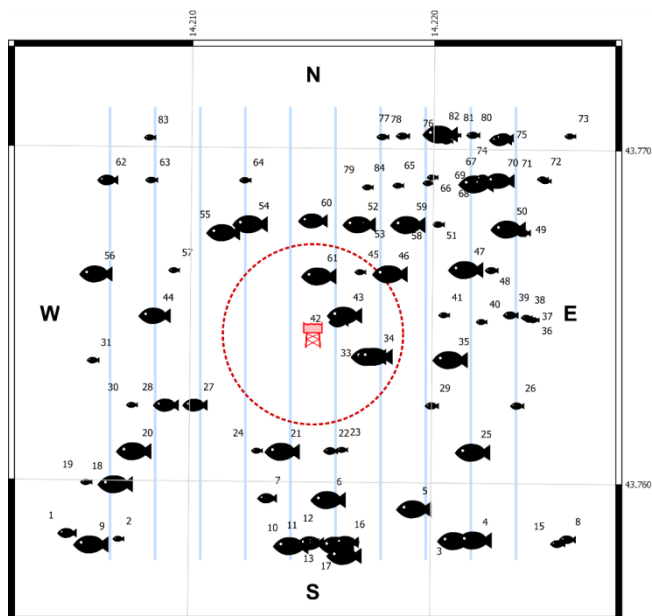


Fig. 3.69 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto a dicembre 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LIX - Distanza (m) dalla struttura Elettra dei banchi di pesce individuati a dicembre 2018. In evidenza i banchi osservati entro 300 m da Elettra.

Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)	Banco	Distanza da Elettra (m)
1	1051,177	29	448,044	57	521,878
2	937,726	30	651,106	58	475,112
3	819,356	31	744,369	59	486,994
4	855,863	32	178,068	60	390,033
5	656,897	33	188,100	61	206,210
6	540,000	34	208,527	62	868,153
7	557,743	35	454,943	63	756,862
8	1073,720	36	727,454	64	573,780
9	1013,311	37	714,133	65	635,944
10	696,247	38	704,587	66	659,720
11	682,817	39	652,998	67	740,718
12	674,648	40	554,363	68	757,233
13	684,442	41	433,361	69	768,782
14	693,293	42	92,799	70	804,907
15	1058,265	43	123,553	71	925,518
16	687,614	44	539,503	72	920,850
17	730,508	45	263,464	73	1079,554
18	823,235	46	327,560	74	900,885
19	901,474	47	550,005	75	913,537
20	710,809	48	626,621	76	786,115
21	392,950	49	773,399	77	730,764
22	380,207	50	737,221	78	704,234
23	383,686	51	555,189	79	529,211
24	423,978	52	404,961	80	853,482
25	647,332	53	416,444	81	818,231
26	707,917	54	436,641	82	795,584
27	458,357	55	465,603	83	864,269
28	544,894	56	760,018	84	575,520

Tab. 3-LX - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel dicembre 2018. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In evidenza i banchi osservati entro 300 m da Elettra.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	240,897	10,126	2,925	70,004	74,560	4,556	82,774	43,758506	14,204885	72,370	2,565	0	0,000
2	117,181	6,055	9,749	74,343	76,597	2,254	36,095	43,758340	14,206998	75,695	3,246	0	0,000
3	1288,344	28,057	15,208	65,271	74,677	9,406	613,574	43,758386	14,220928	70,007	2,079	2	0,451
4	576,189	13,438	8,965	50,628	60,178	9,550	179,956	43,758410	14,221727	55,799	3,179	0	0,000
5	574,280	14,036	16,187	58,787	65,379	6,592	181,985	43,759328	14,219221	62,396	3,122	0	0,000
6	1052,955	18,034	14,905	64,632	71,912	7,280	317,643	43,759580	14,215679	69,688	2,916	0	0,000
7	169,697	6,503	5,992	73,181	75,830	2,649	84,047	43,759602	14,213136	74,502	1,955	0	0,000
8	275,766	10,786	8,310	63,407	66,007	2,600	72,362	43,758443	14,225557	64,557	3,499	0	0,000
9	1169,099	16,669	17,535	57,051	64,380	7,329	432,765	43,758183	14,205893	60,815	2,606	0	0,000
10	1805,155	28,541	15,085	59,836	69,524	9,688	783,291	43,758190	14,214147	65,378	2,186	6	2,038
11	338,927	11,246	14,332	72,691	77,158	4,467	115,630	43,758276	14,214956	75,625	2,817	0	0,000
12	54,528	4,765	2,947	66,912	69,507	2,595	12,249	43,758348	14,215061	68,343	4,517	0	0,000
13	43,547	5,368	2,311	67,724	70,451	2,727	12,182	43,758260	14,215077	69,103	3,575	0	0,000
14	621,536	21,977	11,391	57,560	65,611	8,051	160,164	43,758220	14,216041	62,333	3,830	0	0,000
15	231,838	6,727	8,285	72,534	75,873	3,339	65,311	43,758309	14,225161	74,432	3,339	0	0,000
16	357,368	16,566	11,682	74,961	77,252	2,291	107,874	43,758309	14,216425	76,545	3,313	0	0,000
17	969,537	15,482	14,542	53,482	65,156	11,674	262,528	43,757911	14,216358	60,456	3,577	0	0,000
18	570,615	14,208	15,101	60,539	68,065	7,526	200,508	43,759995	14,206876	64,144	2,832	0	0,000
19	124,399	5,768	6,531	55,081	61,408	6,327	52,529	43,760036	14,205655	57,622	2,172	0	0,000
20	1380,085	30,535	21,626	72,541	77,252	4,711	454,037	43,760988	14,207626	75,099	2,975	0	0,000
21	1228,739	24,235	20,481	73,235	77,252	4,017	385,280	43,761015	14,213763	75,799	3,300	0	0,000
22	171,031	6,137	8,448	72,078	76,606	4,528	63,270	43,761033	14,215740	72,962	2,331	0	0,000
23	197,238	10,226	7,118	70,737	76,105	5,368	45,043	43,761068	14,216214	72,670	4,288	0	0,000
24	93,386	7,316	7,217	75,266	76,608	1,342	21,906	43,761020	14,212691	76,059	4,263	0	0,000
25	757,903	17,451	17,699	72,473	76,608	4,135	211,370	43,761040	14,221626	75,144	3,586	0	0,000
26	230,799	15,711	8,074	73,942	77,252	3,310	60,420	43,762429	14,223430	76,135	3,820	0	0,000
27	366,911	20,352	8,855	72,645	76,607	3,962	107,721	43,762379	14,210130	75,225	3,406	0	0,000
28	354,238	16,821	11,342	74,341	77,252	2,911	110,113	43,762370	14,208928	76,095	3,217	0	0,000
29	210,414	12,220	7,686	73,825	77,252	3,427	60,420	43,762410	14,219901	76,449	3,483	0	0,000
30	86,645	7,088	6,164	75,261	77,252	1,991	25,796	43,762356	14,207508	76,584	3,359	0	0,000
31	200,555	16,362	9,715	75,693	77,896	2,203	54,651	43,763686	14,205885	76,852	3,670	0	0,000
32	118,370	14,519	4,118	74,658	76,608	1,950	37,255	43,763757	14,217089	75,888	3,177	0	0,000
33	677,593	12,952	25,525	70,874	75,939	5,065	254,162	43,763879	14,217290	73,781	2,666	0	0,000
34	555,027	11,803	16,784	69,357	75,991	6,634	156,916	43,763887	14,217560	73,236	3,471	0	0,000
35	610,611	12,374	29,568	71,946	76,600	4,654	171,227	43,763807	14,220664	74,455	3,548	0	0,000
36	133,046	8,042	8,482	74,769	78,122	3,353	43,208	43,765010	14,224078	76,485	3,079	0	0,000
37	99,810	6,511	3,300	74,992	77,837	2,845	23,717	43,765019	14,223910	76,450	4,065	0	0,000
38	62,495	5,189	5,136	75,867	77,895	2,028	21,448	43,765078	14,223783	76,977	2,914	0	0,000
39	201,609	9,243	8,145	73,143	77,252	4,109	66,671	43,765147	14,223127	75,600	3,024	0	0,000
40	80,797	8,836	2,779	58,561	62,007	3,446	21,036	43,764937	14,221927	60,454	3,758	0	0,000
41	134,418	16,665	6,928	71,406	74,661	3,255	36,122	43,765128	14,220372	72,960	3,721	0	0,000
42	274,366	9,631	13,650	42,773	47,305	4,532	85,645	43,764899	14,216024	45,161	2,988	0	0,000
43	7688,560	31,565	122,07	67,165	77,252	10,087	3542,218	43,765108	14,216285	75,348	2,163	6	1,964
44	473,639	24,150	12,340	74,646	77,896	3,250	136,940	43,765050	14,208431	76,854	3,459	0	0,000
45	135,863	11,124	6,371	73,752	76,608	2,856	39,568	43,766396	14,216894	75,293	3,434	0	0,000
46	463,719	12,318	18,711	73,497	76,576	3,079	183,870	43,766362	14,218143	75,243	2,522	0	0,000
47	1100,297	27,899	29,586	70,698	75,964	5,266	373,214	43,766510	14,221273	74,192	2,921	0	0,000
48	191,243	9,653	9,610	73,817	75,964	2,147	59,242	43,766482	14,222324	74,957	3,140	0	0,000
49	214,441	17,112	5,052	65,939	69,258	3,319	64,200	43,767615	14,223616	67,612	3,340	0	0,000
50	533,896	13,882	6,870	70,185	75,959	5,774	155,611	43,767734	14,223014	72,692	3,043	0	0,000
51	152,982	11,588	7,238	73,981	76,608	2,627	54,172	43,767844	14,220106	75,583	2,824	0	0,000
52	400,009	17,806	7,448	71,215	76,608	5,393	141,503	43,767834	14,216854	74,324	2,827	0	0,000

Tab. 3-LX - Continuo.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
53	121,850	10,079	4,822	72,714	75,869	3,155	36,904	43,767864	14,217130	74,304	3,302	0	0,000
54	701,375	19,542	17,235	72,823	77,252	4,429	256,301	43,767820	14,212348	75,992	2,706	0	0,000
55	392,082	17,328	8,186	61,568	66,299	4,731	143,918	43,767558	14,211237	63,775	2,694	0	0,000
56	449,320	12,371	8,928	71,631	77,252	5,621	141,177	43,766287	14,205992	74,025	2,882	0	0,000
57	70,648	6,617	6,870	75,870	77,252	1,382	17,186	43,766405	14,209198	76,680	4,111	0	0,000
58	227,749	9,985	10,419	72,682	76,608	3,926	77,219	43,767822	14,218659	75,165	2,949	0	0,000
59	400,943	12,899	10,207	71,225	76,608	5,383	153,497	43,767841	14,218866	74,332	2,567	0	0,000
60	447,068	10,124	8,727	66,850	74,667	7,817	125,644	43,767933	14,214934	70,312	3,392	0	0,000
61	580,355	10,083	6,647	62,924	73,686	10,762	155,213	43,766277	14,215206	68,649	3,154	0	0,000
62	274,016	12,641	9,174	75,271	78,539	3,268	89,305	43,769094	14,206429	77,168	3,068	0	0,000
63	215,860	24,147	10,784	74,596	77,896	3,300	54,824	43,769100	14,208239	76,643	3,937	0	0,000
64	192,899	13,934	7,031	75,024	77,252	2,228	52,742	43,769119	14,212106	76,499	3,657	0	0,000
65	88,636	5,742	5,224	74,547	76,602	2,055	23,927	43,769081	14,219671	75,633	3,453	0	0,000
66	164,596	11,891	10,806	72,384	75,808	3,424	45,749	43,769254	14,219845	74,176	3,598	0	0,000
67	315,673	11,980	12,604	72,813	76,574	3,761	149,535	43,769079	14,221664	75,000	2,111	1	0,234
68	261,754	14,991	10,810	74,280	76,608	2,328	81,281	43,769107	14,221913	75,593	3,220	0	0,000
69	279,554	12,740	8,254	66,647	69,527	2,880	66,729	43,769238	14,221937	68,093	4,077	0	0,000
70	426,216	17,948	13,021	70,764	75,964	5,200	130,449	43,769181	14,222619	74,619	3,132	0	0,000
71	105,018	5,946	9,572	74,583	75,964	1,381	29,275	43,769173	14,224523	75,519	3,587	0	0,000
72	157,715	6,156	5,139	66,458	69,998	3,540	40,205	43,769228	14,224400	67,811	2,876	0	0,000
73	38,914	5,140	2,795	75,202	76,608	1,406	13,720	43,770520	14,225521	75,924	2,836	0	0,000
74	253,411	8,818	12,009	71,484	75,554	4,070	97,346	43,770396	14,222649	73,774	2,603	0	0,000
75	334,195	7,806	6,936	69,062	74,309	5,247	83,265	43,770459	14,222786	71,540	3,911	0	0,000
76	220,142	7,088	4,753	68,240	74,804	6,564	53,616	43,770345	14,220426	71,140	3,819	0	0,000
77	182,629	11,502	5,553	68,206	73,383	5,177	60,080	43,770486	14,218600	70,685	3,040	0	0,000
78	123,680	7,573	5,734	74,946	77,203	2,257	55,179	43,770454	14,217777	76,117	2,241	0	0,000
79	168,171	7,284	4,005	68,831	73,549	4,718	40,723	43,768940	14,217170	71,026	3,633	0	0,000
80	163,676	11,844	5,546	71,822	75,964	4,142	59,796	43,770530	14,221513	73,550	2,737	0	0,000
81	140,057	8,021	10,093	73,224	76,608	3,384	41,569	43,770521	14,220779	75,448	3,369	0	0,000
82	650,855	15,243	10,605	65,156	72,539	7,383	164,046	43,770562	14,220168	70,660	3,701	0	0,000
83	177,883	10,703	7,286	72,815	76,384	3,569	52,176	43,770373	14,208157	74,595	3,409	0	0,000
84	109,832	9,488	4,512	66,879	70,818	3,939	24,069	43,769000	14,218429	69,075	4,390	0	0,000

Tab. 3-LXI - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati a dicembre 2018. In evidenza i banchi osservati entro 300 m da Elettra.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-32,553	205	3	42	-34,933	-30,433	5,555
2	-29,947	149	10	78	-34,824	-23,788	10,124
3	-20,279	2781	15	607	-34,981	-8,021	93,785
4	-27,798	1054	10	275	-34,957	-17,957	16,604
5	-28,231	655	16	244	-34,981	-17,288	15,028
6	-27,865	715	13	313	-34,861	-19,175	16,351
7	-25,902	41	1	14	-34,751	-20,251	25,694
8	-28,920	245	8	143	-34,695	-21,652	12,823
9	-27,292	2129	19	544	-34,977	-16,249	18,654
10	-25,266	3548	16	896	-34,977	-12,737	29,742
11	-28,000	460	15	210	-34,861	-20,288	15,850
12	-31,475	37	3	21	-34,901	-27,361	7,121
13	-29,200	55	2	23	-34,981	-22,901	12,021
14	-29,363	670	12	334	-34,977	-21,195	11,579
15	-27,133	167	8	87	-34,788	-17,751	19,349
16	-22,424	456	12	311	-34,861	-11,861	57,232
17	-28,178	997	15	285	-34,981	-15,195	15,211
18	-27,410	703	13	219	-34,861	-16,713	18,154

*Sv = Volume backscattering strength

Tab. 3-LXI - Continuo.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
19	-21,394	217	7	76	-34,637	-8,099	72,552
20	-28,512	1706	24	850	-34,861	-18,824	14,085
21	-20,888	1009	21	451	-34,861	-7,324	81,508
22	-35,987	243	9	117	-34,675	-24,675	2,519
23	-30,171	164	8	89	-34,713	-23,675	9,614
24	-30,072	90	7	66	-34,824	-25,324	9,835
25	-27,383	880	17	441	-34,824	-18,324	18,270
26	-23,605	214	7	125	-34,824	-12,861	43,597
27	-28,538	400	8	209	-34,824	-20,324	14,002
28	-23,059	423	10	241	-34,861	-11,861	49,447
29	-26,804	213	7	137	-34,861	-18,861	20,873
30	-27,134	94	5	63	-34,788	-21,361	19,345
31	-23,341	230	11	164	-34,861	-14,397	46,335
32	-24,315	152	4	87	-34,824	-16,324	37,028
33	-24,251	1040	27	430	-34,824	-11,824	37,571
34	-29,134	367	18	171	-34,824	-21,788	12,206
35	-29,201	699	31	347	-34,824	-21,788	12,021
36	-27,454	153	7	73	-34,897	-19,824	17,974
37	-29,667	34	2	17	-34,897	-25,324	10,797
38	-28,212	74	4	36	-34,861	-22,361	15,095
39	-26,895	242	7	107	-34,861	-19,324	20,441
40	-30,725	75	2	39	-34,977	-26,342	8,462
41	-29,335	131	6	65	-34,675	-22,675	11,654
42	-16,935	407	13	175	-34,980	-4,867	202,534
43	-19,095	12739	112	5759	-34,824	-2,213	123,163
44	-25,986	506	10	322	-34,897	-17,897	25,197
45	-28,775	165	7	82	-34,824	-20,751	13,258
46	-27,619	763	21	364	-34,824	-17,788	17,303
47	-28,516	1490	33	634	-34,788	-19,288	14,075
48	-29,042	237	10	124	-34,788	-18,251	12,469
49	-29,150	231	5	105	-34,981	-18,981	12,162
50	-29,370	252	6	92	-34,788	-22,599	11,561
51	-28,444	189	7	89	-34,824	-22,288	14,309
52	-27,029	523	7	203	-34,824	-16,751	19,820
53	-26,943	140	4	65	-34,788	-18,751	20,218
54	-24,456	908	16	455	-34,861	-11,824	35,843
55	-28,001	547	7	196	-34,981	-19,820	15,844
56	-28,880	405	9	165	-34,861	-18,751	12,941
57	-23,800	71	7	55	-34,861	-15,861	41,683
58	-28,710	278	10	119	-34,824	-22,675	13,458
59	-27,824	540	9	180	-34,824	-20,599	16,504
60	-28,479	230	6	84	-34,981	-21,560	14,194
61	-28,638	222	6	94	-34,981	-22,901	13,684
62	-26,188	373	10	181	-34,897	-14,433	24,056
63	-23,697	221	12	136	-34,897	-10,897	42,692
64	-27,887	227	7	144	-34,861	-19,861	16,265
65	-25,549	77	5	46	-34,788	-19,324	27,869
66	-29,554	183	11	109	-34,824	-22,788	11,083
67	-24,027	625	14	227	-34,824	-14,288	39,561
68	-28,454	335	13	197	-34,824	-18,824	14,277
69	-29,316	206	8	117	-34,901	-23,861	11,707
70	-28,549	465	14	237	-34,788	-19,751	13,965
71	-30,289	126	10	103	-34,788	-21,788	9,357
72	-37,397	82	5	46	-34,861	-28,320	1,821
73	-30,830	80	4	40	-34,288	-24,788	8,261
74	-28,339	352	11	138	-34,788	-21,251	14,660
75	-28,752	153	5	63	-34,981	-21,981	13,328
76	-29,833	77	4	36	-34,713	-24,599	10,391
77	-27,599	234	5	89	-34,981	-19,060	17,381
78	-27,951	42	1	17	-34,861	-23,324	16,028
79	-29,087	84	4	41	-34,713	-22,599	12,340
80	-27,322	213	5	82	-34,788	-20,137	18,528
81	-29,341	151	9	79	-34,824	-21,324	11,640
82	-30,049	128	10	70	-34,788	-25,213	9,887
83	-30,786	192	7	85	-34,824	-24,788	8,344
84	-30,324	100	3	49	-34,942	-23,981	9,281

*Sv = Volume backscattering strength

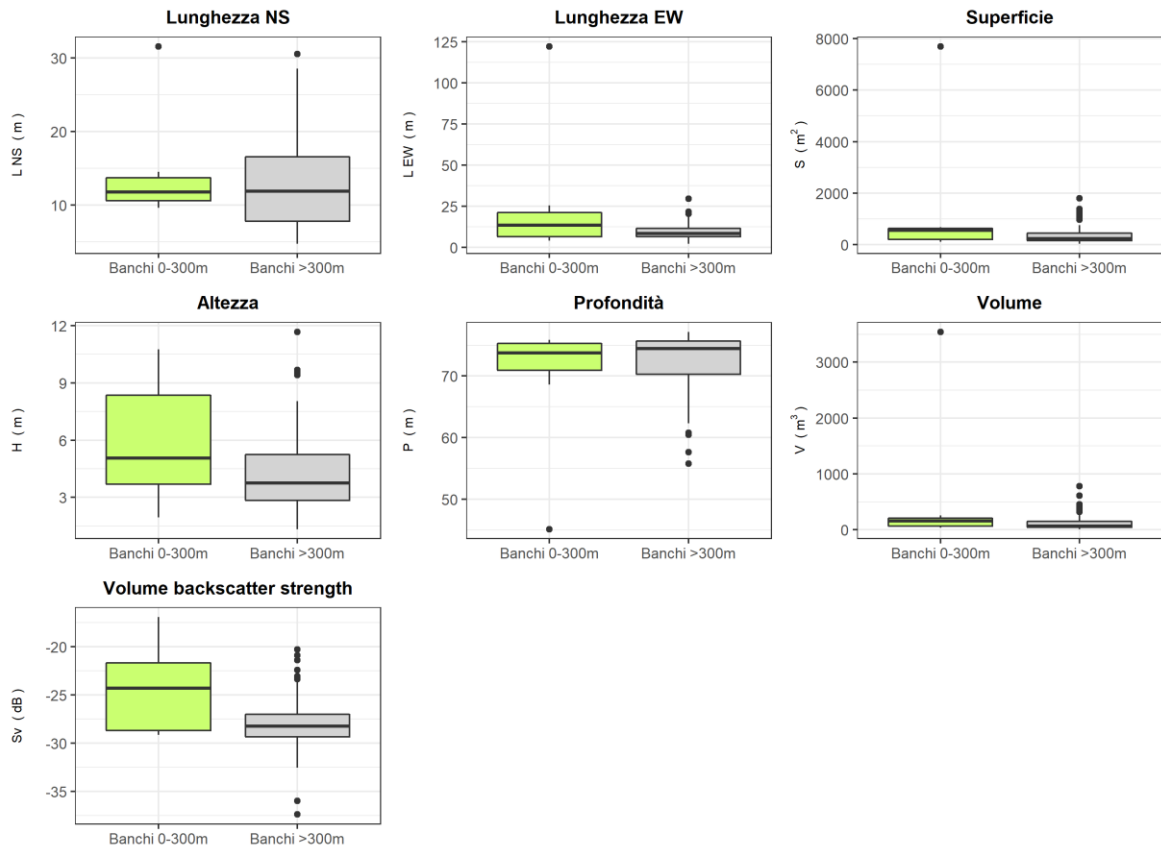


Fig. 3.70 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel dicembre 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali outliers.

Di seguito si riportano le rappresentazioni tridimensionali delle aggregazioni di pesce rilevate nei campionamenti sopra descritti (figg. 3.71 – 3.76). Tali immagini permettono una percezione spazio-temporale dei singoli banchi nell’ambiente circostante la struttura.

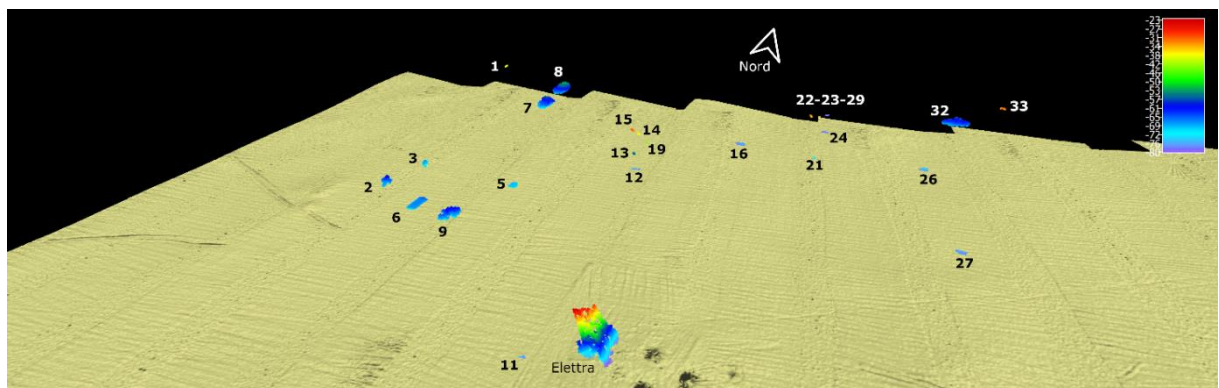


Fig. 3.71 – Vista tridimensionale da Sud-Est della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce di luglio 2018. In basso è visibile la piattaforma.

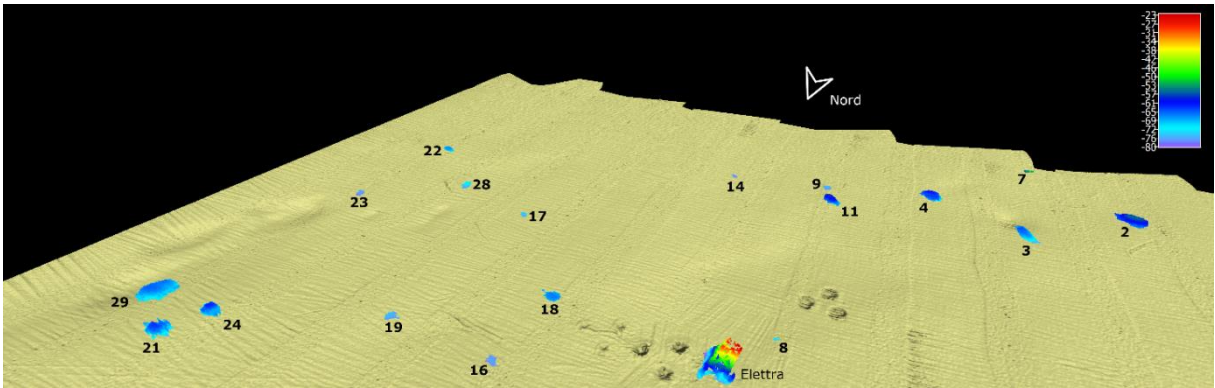


Fig. 3.72 – Vista tridimensionale da Nord-Ovest della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce nell’agosto 2018. In basso è visibile la struttura.

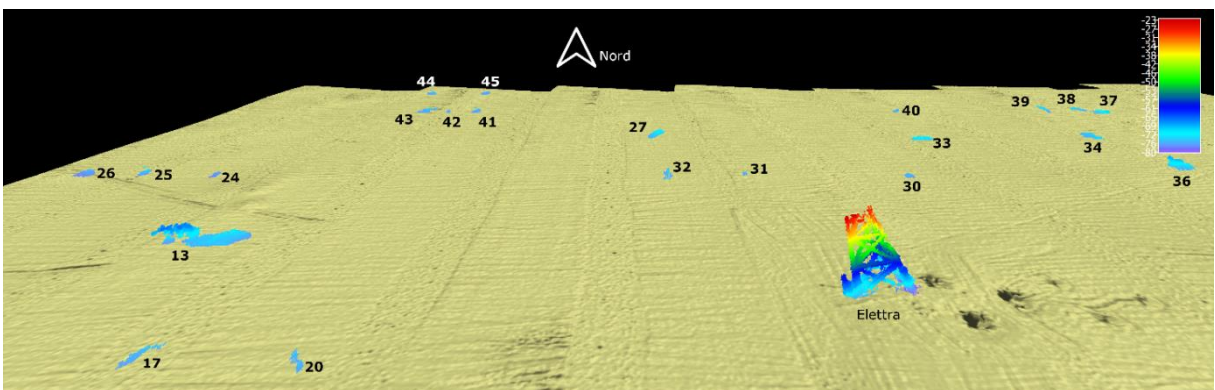


Fig. 3.73 – Vista tridimensionale da Sud della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel settembre 2018. A destra nell’immagine è visibile Elettra.

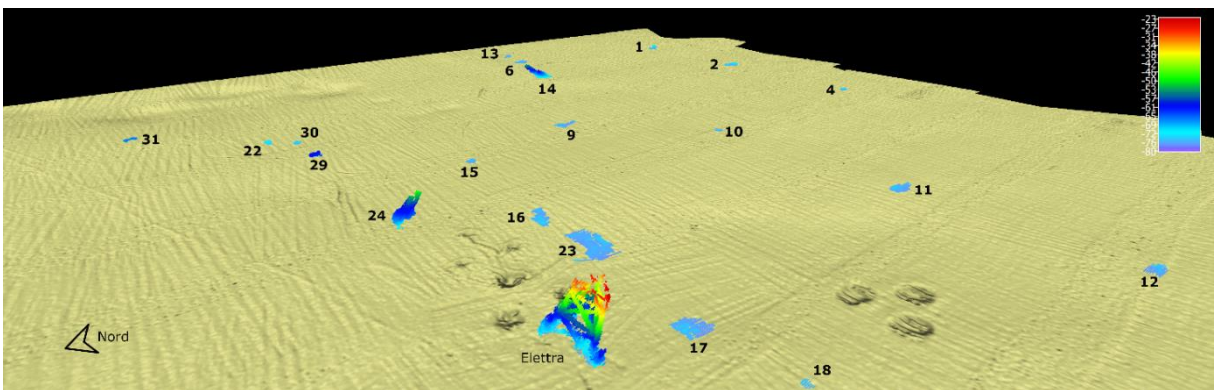


Fig. 3.74 – Vista tridimensionale da Nord-Ovest della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nell’ottobre 2018. In basso, al centro dell’immagine, è visibile Elettra.

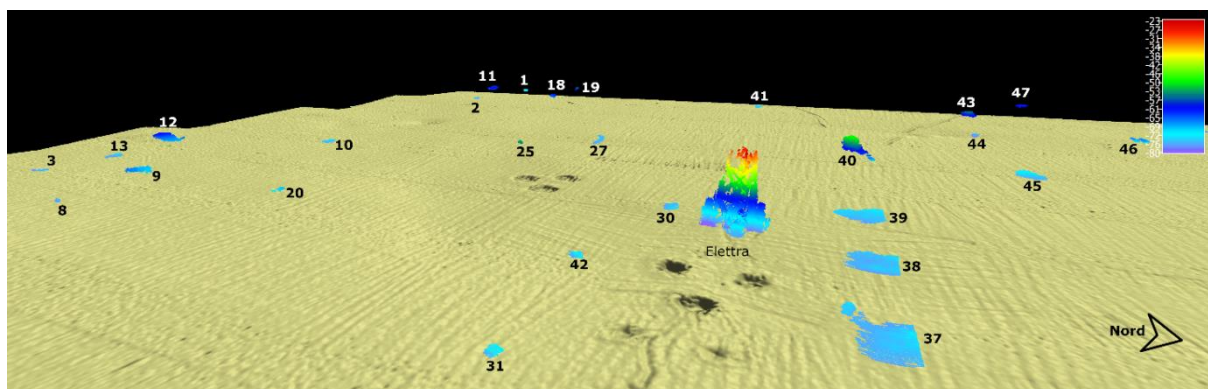


Fig. 3.75 – Vista tridimensionale da Nord-Est della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel novembre 2018. Al centro dell’immagine è visibile la struttura.

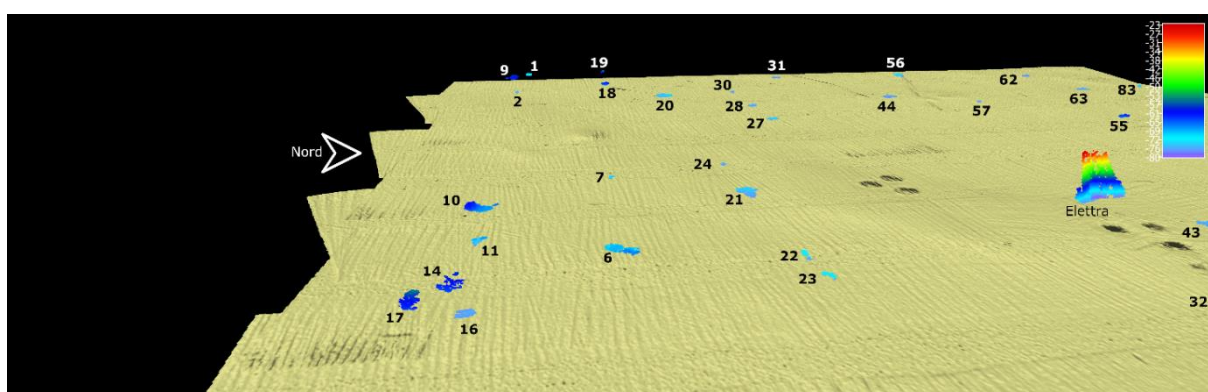


Fig. 3.76 – Vista tridimensionale da Est della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel dicembre 2018. A destra nell’immagine è visibile la piattaforma.

3.7.3. IMMAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA

Le registrazioni con telecamera sono state effettuate durante ogni survey acustico compatibilmente con le condizioni meteo-marine e con l’obiettivo di ispezionare l’habitat ittico in prossimità della piattaforma. In particolare, nel semestre in oggetto, è stato possibile effettuare le registrazioni nei mesi di luglio, agosto e ottobre.

A **luglio** la qualità delle immagini registrate non è stata ottima, data la presenza di una certa corrente che non permetteva un posizionamento corretto dello strumento. Il video ha tuttavia permesso di identificare alcuni esemplari *Trisopterus minutus capelanus* in prossimità del fondo, mentre negli strati più superficiali sono stati rilevati diversi esemplari del genere *Pagellus* (fig. 3.77). Entrambi questi taxa sono necto-bentonici parzialmente attratti dai substrati duri.

Ad **agosto** sono stati rilevati più banchi costituiti da specie pelagiche tra cui *Boops boops* (P-PA) in prossimità della superficie e della piattaforma, oltre ad alcuni esemplari di *Seriola dumerili* (P-AT) a 40-50 m di profondità tra i pali della struttura (fig. 3.78).



Fig 3.77 - Luglio 2018. Esemplari di *T. minutus capelanus* in prossimità del fondo (a sinistra) e banco di *Pagellus* sp. rilevato negli strati più superficiali (a destra).

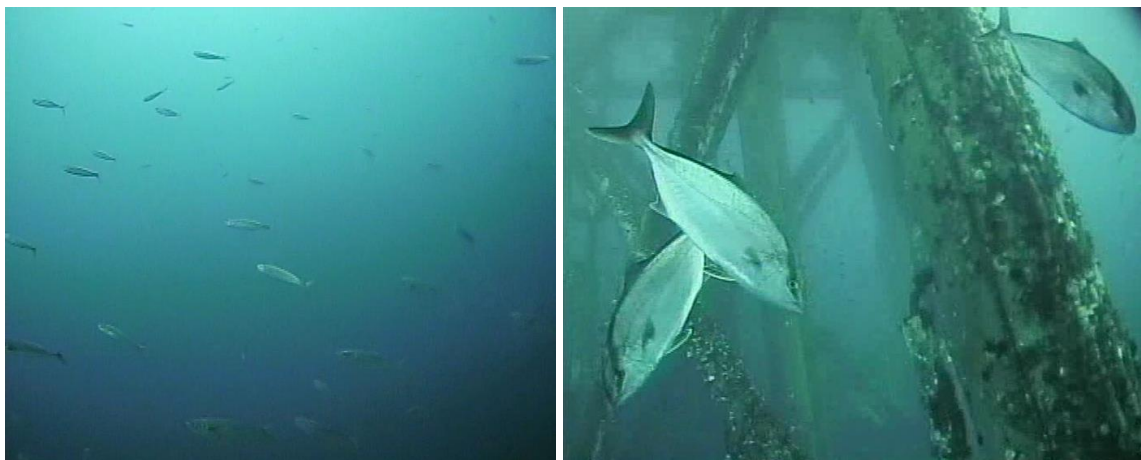


Fig 3.78 - Agosto 2018. Banchi di pesce pelagico (tra cui esemplari di *B. boops*) a sinistra; a destra alcuni esemplari di *S. dumerili*.

Ad **ottobre** (fig. 3.79) tra i pali della piattaforma sono stati rilevati banchi di *Pagellus* sp. a circa 30 m di profondità e, sempre in prossimità di Elettra, alcuni banchi di *B. boops* negli strati più superficiali (10-20 m di profondità).



Fig 3.79 - Ottobre 2018. Banco di *B. boops* vicino la superficie (a sinistra) e un banco di *Pagellus* sp. tra i pali della piattaforma (a destra).

3.8. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Nel corso del 2° semestre 2018 durante i 18 survey effettuati non è avvenuto alcun avvistamento di cetacei o rettili marini nell'area indagata (Tab. 3-LXII).

Tab. 3-LXII - Survey condotti durante il 2° semestre 2018.

		N. survey	N. avvist.
5° anno post lavori	Luglio 2018	3	0
	Agosto 2018	3	0
	Settembre 2018	3	0
	Ottobre 2018	3	0
	Novembre 2018	3	0
	Dicembre 2018	3	0

4. CONCLUSIONI

In riferimento al DVADEC-2013-0000104 del 15/04/2013 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM 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 Elettra e della condotta sottomarina collegante tale struttura al sea-line Bonaccia - Barbara C. Gli aspetti da indagare 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-IRBIM di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969; allora IRPEM) nel campo dell'oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; c) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-IRBIM negli ultimi 20 anni presso altri impianti di estrazione offshore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naide, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3; (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016; 2017; 2019a; 2019b; 2019c); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Elettra.

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d'acqua (caratteristiche fisiche e chimiche e studio delle correnti), i sedimenti (granulometria, IPA, Idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo), la ricerca di inquinanti, lo studio di biomarkers e indagini ultrastrutturali in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse di Elettra, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico, l'avvistamento di cetacei e rettili marini nell'area circostante la piattaforma.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

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

Nel presente rapporto si riportano i risultati conseguiti nel 1° semestre del 5° anno di indagini post lavori di installazione (luglio – dicembre 2018).

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - L'area di posa della piattaforma di estrazione Elettra 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).

Nel 2° semestre 2018 le caratteristiche oceanografiche sono risultate in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a; Zavatarelli *et al.*, 1998), analogamente a quanto osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d). La colonna d'acqua è infatti risultata stratificata in temperatura in ottobre, mentre in novembre era diventata quasi completamente omogenea. Inoltre, in ottobre, in alcune stazioni è stato rilevato uno strato superficiale con acqua a minore salinità non più osservato a novembre.

Sul fondo le condizioni termo-aline si sono mantenute più stabili per tutto il periodo, con temperature di 13-16°C e salinità di 38,6-38,8 psu.

Per quanto riguarda gli aspetti idrochimici considerati, la concentrazione di ossigeno disciolto ha raggiunto percentuali di saturazione comprese tra 77% e 108% generalmente in diminuzione verso il fondo. Non sono state osservate condizioni ipossiche o anossiche durante il periodo considerato analogamente a quello precedente.

Le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008).

Considerando i profili di fluorescenza *in situ*, in ottobre sono stati osservati picchi dei pigmenti fotosintetici a circa 40-45 m di profondità, mentre a novembre i valori di fluorescenza erano inferiori e distribuiti più omogeneamente lungo la colonna.

Anche i pigmenti clorofilliani erano nel range dei valori osservati per l'Adriatico centrale (Totti *et al.*, 2000). La clorofilla *a* ha presentato le massime concentrazioni in ottobre, mentre la clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) è risultata maggiore della Chl *c* (caratteristica delle diatomee) in entrambi i periodi di indagine.

Il carico solido sospeso ha presentato in generale un aumento della concentrazione nelle acque di fondo. 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).

Per quanto riguarda la ricerca di metalli pesanti lungo la colonna d'acqua, l'analisi dei dati ha evidenziato la completa assenza (concentrazioni sempre sotto il limite di rilevabilità) in tutto il periodo considerato di alcune delle specie chimiche considerate tra le più tossiche, quali mercurio, piombo e indio (Canli e Furness, 1995; Dong *et al.* 2016). Anche cromo,

rame, nichel e ferro sono risultati molto spesso non rilevabili risultando presenti sempre in una piccola percentuale delle quote analizzate. Tra le specie chimiche rilevabili, sono stati fondamentalmente distinti due differenti andamenti. L'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio hanno evidenziato una minima variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale, sia in quella verticale. In particolare, bario e silicio hanno evidenziato un aumento della concentrazione nei campioni di fondo rispetto alle altre quote intermedie, fenomeno probabilmente da mettere in relazione ai fenomeni di risospensione che qui avvengono. Alluminio e zinco sono invece risultati molto più variabili, alcune volte con valori del coefficiente di variabilità vicino o superiore al 100%. Alcuni elementi (in particolare il cromo ed il nichel) hanno mostrato inoltre delle forti fluttuazioni. Va tuttavia segnalato che anche in questo caso i valori medi misurati durante il 2° semestre 2018, oltre a non essere significativamente differenti, sono sempre stati molto vicini al limite di rilevabilità e quindi non hanno rappresentato un dato significativo dal punto di vista della contaminazione.

In generale, tutti i metalli rilevati sono risultati comunque ampiamente al di sotto dei limiti previsti dalle Leggi attinenti agli obiettivi di qualità delle acque (es. i limiti riportati nella DIRETTIVA 2008/105/EC) e confrontabili con i risultati ottenuti in altre aree non contaminate sia del Mediterraneo (Béthoux *et al.*, 1990; Annibaldi *et al.*, 2009), sia di altre zone d'Europa e del mondo (Law, 1978; Middelburg *et al.*, 1988; Alves *et al.*, 1993; Crompton, 2006).

Relativamente agli inquinanti organici, si è riscontrata la totale assenza di tutte le specie chimiche analizzate.

Per quanto concerne infine eventuali peculiarità dei siti posizionati nei pressi della piattaforma rispetto ai controlli, l'unico elemento a presentare delle differenze statisticamente significative è stato lo zinco. Tale differenza tuttavia, seppur statisticamente significativa, è sempre stata entro i limiti della naturale variabilità di questo elemento.

In conclusione, nei periodi di osservazione in tutta l'area esaminata non è stato evidenziato alcun fenomeno di contaminazione ambientale in relazione alla presenza della piattaforma Elettra confermando quanto registrato sin dal pre-survey, e gli andamenti osservati per alcune specie chimiche sono probabilmente da imputare alla variabilità delle condizioni idrologiche e meteorologiche della zona più che a fenomeni di generale contaminazione dell'area.

Misure correntometriche - Come già rilevato a partire dalla fase di produzione di Elettra (Fabi *et al.*, 2019d), anche nel periodo luglio-dicembre 2018 la corrente sia superficiale che

di fondo ha presentato una direzione prevalentemente settentrionale, con alcune rotazioni verso S e SW. Le intensità sono sempre state relativamente costanti e modeste, intorno a 0,1-0,2 m/s.

Caratteristiche sedimentologiche - I dati acquisiti nel 9° survey condotto dopo la realizzazione di Elettra non indicano segnali di alterazione dovuti alla presenza della piattaforma.

L'unica eccezione è rappresentata dal bario che a 30 m a NE della struttura (sito B4) e in corrispondenza di Elettra a NE (sito EL NE) ha raggiunto concentrazioni che, pur non rappresentando i massimi assoluti dell'intero periodo di indagine (Fabi *et al.*, 2019d), sono comunque risultate pari, rispettivamente, a 8 e 6 volte la media dei riferimenti. Si ritiene che tali tenori, pur modesti in termini assoluti, siano comunque da ricondurre alla presenza di Elettra e pertanto saranno attentamente monitorati nel prossimo campionamento.

Ecotossicologia dei sedimenti - I saggi biologici eseguiti su *Dunaliella tertiolecta* e *Vibrio fischeri* nel 9° survey post lavori di installazione di Elettra (estate 2018) hanno confermato i risultati ottenuti sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019d), ovvero la presenza di condizioni ottimali per questi organismi in tutti i sedimenti testati. Anche il test di sopravvivenza dell'anfipode *Corophium orientale* ha confermato l'assenza di tossicità in tutte le stazioni come già osservato in diversi monitoraggi precedenti, indicando il ripristino delle condizioni del pre-survey.

Per quanto concerne il test di embriotossicità con *Crassostrea gigas*, i risultati ottenuti nell'ultimo monitoraggio hanno indicato una bassa tossicità in due siti di controllo, pertanto non correlata alla presenza della piattaforma.

Anche il test di bioaccumulo condotto con esemplari di *Hediste diversicolor* ha sostanzialmente confermato quanto rilevato sin dal pre-survey. La maggior parte dei metalli ricercati è risultata non quantificabile o presente negli organismi test in concentrazioni inferiori o confrontabili con il bianco, Nell'ultimo monitoraggio è stato rilevato solo un bioaccumulo diffuso di mercurio che non ha interessato solo un sito a 60 m dalla piattaforma e un controllo, indicando cause estranee alla presenza di Elettra, e uno di piombo esclusivamente in un riferimento.

Analisi di inquinanti e di biomarker e indagini ultrastrutturali nei mitili insediati sulle parti immerse della piattaforma - L'applicazione della batteria di biomarkers tende a confermare anche per il 9° survey post installazione l'assenza di una sindrome di stress negli organismi analizzati. Scarso appare il rischio genotossico, essendo i valori medi di micronuclei simili a quelli riscontrabili naturalmente su popolazioni di bivalvi prelevati in

ambienti marino-costieri poco impattati (Bolognesi *et al.*, 1996; 2004). Allo stesso modo, i livelli intracellulari di lipidi neutri tendono ad escludere la presenza di effetto legato a molecole organiche come IPA e PCB. I livelli di catalasi e malondialdeide tendono ad escludere la presenza di stress ossidativo, mentre quelli relativi alle lipofuscine indicano la presenza di un lieve stress perossidativo nei mitili di Elettra.

Infine, l'indicazione fornita dalla espressione genomica attraverso la PCR quantitativa, dalla sintesi di proteine metallo-chelanti (metallotioneine) e l'accumulo di metalli pesanti nei tessuti dei bivalvi esaminati suggeriscono un significativo seppur modesto effetto biologico correlabile alla presenza di alcuni elementi metallici in ambiente marino come il cadmio accumulato negli esemplari provenienti sia dal sito lontano anodi che da quello lontano dagli anodi stessi. A proposito dei metalli pesanti, è stato rilevato anche un accumulo di bario vicino anodo la cui concentrazione, comunque, è risultata notevolmente inferiore a quelle registrate nei primi due campionamenti (Fabi *et al.*, 2016d).

Gli alchilfenoli polietossilati non sono stati rilevati come in tutto il periodo di indagine precedente e l'accumulo degli idrocarburi policiclici aromatici è risultato scarso: infatti, sono stati rilevati solo due composti in uno o entrambi i siti di prelievo di Elettra ma in concentrazioni molto modeste. Gli idrocarburi alifatici sono stati bioaccumulati in modo significativo nel sito VA; tuttavia la concentrazione raggiunta è diminuita rispetto a quella dell'inverno 2018 (Fabi *et al.*, 2019d).

Per quanto concerne le indagini ultrastrutturali i dati di screening morfologico, eseguiti sui mitili raccolti nell'estate 2018 con microscopia ottica convenzionale (ed implementati da dati SEM a bassa risoluzione), hanno evidenziato la presenza di anomalie morfologiche osservabili a livello tissutale in una percentuale molto bassa (intorno al 2%) dei tessuti degli organismi cresciuti presso ciascuno dei due siti della piattaforma. Tale frequenza di alterazioni è risultata, peraltro, uguale a quella misurata nei controlli. I dati hanno evidenziato che le due aree di campionamento presso la piattaforma Elettra (VA e LA) sono risultate equivalenti, così come equivalenti sono apparsi i due organi analizzati (gonadi ed epatopancreas). Tenendo inoltre conto del fatto che le anomalie morfologiche, quando presenti, sono state di modesta entità, è possibile ritenere che le condizioni ambientali attorno alla piattaforma in questo survey sono risultate buone e, comunque, simili a quelle osservate per gli organismi di controllo.

Gli approfondimenti d'indagine condotti con microscopia SEM e con spettroscopia EDX, hanno consentito di individuare nano-inquinanti esogeni con componenti metalliche in sole 5 sezioni totali, 3 sezioni di epatopancreas (di cui 2 appartenenti ad esemplari cresciuti nel

sito LA e 1 in VA) e in 2 sezioni di gonade (1 dal sito LA e 1 dal VA). Si tratta, in totale, di un numero di osservazioni decisamente basso; in particolare, il dato è risultato quantitativamente identico a quello del semestre precedente (Fabi *et al.*, 2019d), il che indica come le condizioni ambientali attorno alla piattaforma si stiano stabilizzando. Inoltre, in nessuno dei casi osservati la presenza degli inquinanti nanostrutturati ha prodotto alterazioni apprezzabili della struttura degli organi studiati, in parte anche grazie all'assenza di elementi metallici particolarmente tossici. Inoltre, la varietà dei metalli esogeni osservati nei tessuti è stata sorprendentemente limitata (silicio, stagno e alluminio). In conclusione, le indagini di microscopia eseguite sui mitili raccolti presso la piattaforma Elettra nell'estate 2018 hanno evidenziato che gli organi analizzati sono soggetti a una pressione ambientale residua molto modesta. Alla formazione di questo quadro concorrono sia i dati sulle anomalie morfologiche su larga scala che quelli sulla rilevazione diretta di inquinanti. Inoltre, un'analisi comparata tra i dati della piattaforma ottenuti nel corso del tempo ha evidenziato un trend decrescente sia per quanto riguarda le anomalie morfologiche osservabili al livello tissutale con microscopie a bassa risoluzione, che per quanto riguarda il numero di nanostrutture esogene rivelate direttamente negli organi con microscopie ad alta risoluzione. Per quanto riguarda l'analisi complessiva del numero di nanostrutture osservate considerando tutti i campionamenti (Fabi *et al.*, 2019d), va osservata la sostanziale equivalenza sia dei due organi analizzati che dei due siti della piattaforma. Infine, va detto che l'osservabilità di inquinanti nanostrutturati metallici anche in presenza di uno stress ambientale modesto, come quello riscontrato in questo campionamento, suggerisce che il fenomeno del bio-accumulo di materiali esogeni nei mitili sia un fenomeno relativamente diffuso e rispetto al quale, verosimilmente, il mollusco ha sviluppato adeguate strategie biologiche.

Comunità bentonica - Complessivamente la comunità bentonica rinvenuta nell'estate 2018 è apparsa non particolarmente diversificata come in precedenza (Fabi *et al.*, 2019d) e costituita principalmente da specie tipiche di fondali limicoli seguiti, anche se in quantitativi ridotti, da taxa indicatori di materia organica nei sedimenti o sabulicoli. La maggior parte delle specie rinvenute appartiene ai policheti, seguiti dai crostacei e dai molluschi. Gli echinodermi sono risultati scarsi o assenti essendo stati rappresentati al massimo da 4 specie a 30 m a SE della piattaforma. E' stata comunque confermata la maggiore quantità di taxa entro un raggio di 30 m da Elettra, evento verificatosi a partire dall'inverno 2016 (fine del 2° anno di produzione; Fabi *et al.*, 2019d).

A contribuire a tale situazione, evidenziata anche dall'MDS, sono stati certamente i taxa di

fondo roccioso o ecologicamente legati ad esso rinvenuti esclusivamente in quell'area circoscritta. Come più volte ribadito nei report precedenti, tale situazione è piuttosto diffusa presso le strutture offshore installate nell'Adriatico centro-settentrionale (Spagnolo *et al.*, 2002; 2006; Trabucco *et al.*, 2006; 2008; Fabi *et al.*, 2007; Manoukian *et al.*, 2010; Punzo *et al.*, 2015a). Invece le stazioni di campionamento posizionate ad almeno 30 m di distanza, seppure con qualche eccezione, sono risultate comparabili con i controlli.

Per quanto concerne la valutazione dello stato ambientale derivata dalla combinazione di tre differenti indici (W di Clarke, AMBI e BENTIX), nell'ultimo monitoraggio buono e buono/moderato entro un raggio di 250 m dalla piattaforma e tra buono/moderato e moderato ai controlli, suggerendo che la presenza della piattaforma non influisce sulla qualità dell'ambiente bentonico.

Comunità ittica – L'indagine condotta con reti tremaglio nel 2° semestre 2018 ha confermato i maggiori valori in piattaforma rispetto alle aree di controllo di Ricchezza e Diversità specifica, oltre che dei rendimenti di pesca in termini sia numerici che ponderali già osservati sin dall'inizio del monitoraggio (Fabi *et al.*, 2019d). Ciò è stato determinato dalla maggiore o esclusiva presenza di specie attratte (*Mullus surmuletus*, *Scorpaena notata*, *Scorpaena porcus* e *S. scrofa*) e parzialmente attratte dai substrati duri (es.: *Trachurus trachurus*, *Pagellus bogaraveo*, *Scomber japonicus*), sia dal rinvenimento di specie tipiche dell'habitat naturale spesso in quantitativi superiori rispetto a quelli registrati nelle aree di controllo, le quali verosimilmente si avvicinano alla piattaforma per una maggiore disponibilità di cibo e rifugi.

Mediante l'impiego dell'indagine acustica effettuata con il Multibeam Echosounder (MBES) è ormai appurata una concentrazione di banchi negli strati d'acqua più vicini al fondo durante le ore diurne di monitoraggio (Punzo *et al.*, 2015b; Gaetani, 2018), attribuibile all'etologia delle specie gregarie (Pitcher 1993; Cardinale *et al.*, 2003; Iglesias *et al.*, 2003; Tsagarakis *et al.*, 2012). Tali specie pelagiche di piccole dimensioni vengono generalmente catturate in quantità minore rispetto alla reale abbondanza durante i campionamenti di pesca a causa della selettività dell'attrezzo utilizzato e del suo posizionamento in prossimità del fondale durante le ore notturne, quando invece gli organismi risalgono negli strati più superficiali.

In quest'ottica l'indagine acustica tramite MBES viene utilizzata per implementare i dati di cattura, sondando interamente la colonna d'acqua e permettendo di individuare anche la presenza di queste specie pelagiche di piccole dimensioni.

In riferimento ai dati registrati nel 2° semestre 2018, analizzati congiuntamente ai

campionamenti di pesca e alle riprese subacquee con telecamera, si può ipotizzare che banchi di grosse dimensioni rilevati in prossimità del fondale e della piattaforma, quali i n. 17 e 23 di ottobre, i nn. 37, 38 e 39 di novembre e il n. 43 di dicembre siano riconducibili a specie necto-bentoniche parzialmente attratte quali, ad quelle appartenenti al genere *Pagellus*. Banchi rilevati a profondità inferiori (20-50 m), ma sempre in prossimità della piattaforma, come i n. 32 di ottobre, 40 di novembre e 32 di dicembre erano invece verosimilmente costituiti da specie pelagiche, parzialmente attratte e attratte come *Boops boops* e *Seriola dumerili*.

I grossi banchi sondati a diverse profondità e a maggiore distanza da Elettra sono invece da ricondursi a specie pelagiche non attratte quali ad esempio *Engraulis encrasicolus*.

Rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini – Nel 2° semestre 2018 non è avvenuto alcun avvistamento di cetacei o rettili marini nell'area circostante la piattaforma.

5, BIBLIOGRAFIA

- Aebi H. 1974. Catalase. Pagg. 671-684, in: Bergmeyer H.U. (Ed.), *Methods on enzymatic analysis*. Academic Press, London.
- Alves L.C., Allen L.A., Houk R.S. 1993. Measurement of vanadium, nickel, and arsenic in seawater and urine reference materials by inductively coupled plasma mass spectrometry with cryogenic desolvation. *Anal. Chem.*, 65(18): 2468-2471.
- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- Annibaldi A., Truzzi C., Illuminati S., Scarponi G., 2009. Recent sudden decrease of lead in Adriatic coastal seawater during the years 2000–2004 in parallel with the phasing out of leaded gasoline in Italy. *Mar. Chem.*, 113: 238–249.
- Artegiani A. 1996. *Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols*. MAST II Mediterranean Targeted Project. 34 pp.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 1492–1514.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515–1532.
- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment-associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA: 1072-1121.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalghe*. ASTM E1218-04-E1. 14 pp.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724-98. 21 pp.
- Augier H. 1992. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthique de la Méditerranée*. Conseil de l'Europe. U.E.R. Des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Luminy Marseille. 59 pp.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Banni M., Dondero F., Jebali J., Guerbej H., Boussetta H., Viarengo A. 2007. Assessment of heavy metal contamination using real-time PCR analysis of mussel metallothionein MT10 and MT20 expression: a validation along the Tunisian coast. *Biomarkers*, 12(4): 369-383.
- 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.
- 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.
- Bocchetti R., Regoli F. 2006. Seasonal variability of oxidative biomarkers, lysosomal parameters,

- metallothioneins and peroxisomal enzymes in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* from Adriatic Sea. *Chemosphere*, 65(6): 913-921.
- Bolognesi C., Rabboni R., Roggeri P. 1996. Genotoxicity biomarkers in *M. galloprovincialis* as indicators of marine pollutants. *Comp. Biochem. Physiol.*, 113C(2): 319-323.
- Bolognesi C., Fenzilli G., Lasagna C., Perrone E., Roggeri P. 2004. Genotoxicity biomarkers in *Mytilus galloprovincialis* wild versus caged mussels. *Mut. Res.*, 552: 153-162.
- Bombace G., Fabi G., Fiorentini L., Speranza S. 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2-3): 559-580.
- Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.
- Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.
- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72 (1-2): 248-254.
- 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.
- Cardinale M., Casini M, Arrhenius F, Håkansson N. 2003. Diel spatial distribution and feeding activity of herring *Clupea harengus* and sprat *Sprattus sprattus* in the Baltic Sea. *Aquat. Liv. Res.*, 16:283-292.
- Carro N., Cobas J., Maneiro J. 2006. Distribution of aliphatic compounds in bivalve mollusks from Galicia after the Prestige oil spill: Spatial and temporal trends. *Environ. Res.*, 100(3): 339-348.
- Chimenz Gusso C., Gravina M.F., Maggiore F.R. 2001. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 175-182.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24(2): 133-140.
- Crompton T.R. 2006. *Analysis of Seawater. A Guide for the Analytical and Environmental Chemist*. CRC Press, 297 pp.
- DIRETTIVA 2008/105/CE, 2008. *Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio*. Parlamento Europeo e Consiglio. 16 dicembre 2008.
- Dondero F., Piacentini L., Banni M., Reselo M., Burlando B., Viarengo A. 2005. Quantitative PCR analysis of two molluscan metallothionein genes unveils differential expression and regulation. *Gene*, 345: 259–270.
- 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.
- Donnini F., Dinelli E., Sangiorgi F., Fabbri E. 2007. A biological and geochemical integrated approach to assess the environmental quality of a coastal lagoon (Ravenna, Italy). *Environ. Int.*, 33(7): 919-928.

- 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 pp + allegati.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., 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., Da Ros L., De Biasi A.M., Manoukian S., Nasci C., Puletti M., Punzo E., Spagnolo A. 2007. Environmental impact of gas platforms in the Northern Adriatic Sea: a case study. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 38: 471.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + XLVI pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo*

- anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010). Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gomiero A., Kozinkova L., Masnadi F., Minelli A., Montagnini L. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 3° anno - Rapporto finale (gennaio - giugno 2018). Rapporto n. 12*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 255 + LIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., 2019b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale - Rapporto n. 15*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 198 + LV pp..
- Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Salvalaggio V., 2019c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 3° anno (dal pre-survey a dicembre 2018). Rapporto n. 10*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 264 + LII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Montagnini L., Scanu M., Tasseti A.N. 2019d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 14*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 273 + LVIII pp.
- Fattorini D., Notti A., Di Mento R., Cicero A.M., Gabellini M., Russo A., Regoli F. 2008. Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from the Adriatic Sea: a regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of offshore activities. *Chemosphere*, 72: 1524–1533.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés*. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organizations. Rome, FAO. 760 pp.
- Gaetani A., Tasseti A.N., Guicciardi D., Ferrà C., Fabi G. 2018. How Does Fish Behavior Change during the Day around Gas Platforms? Pages 7-21, in: Bortone S,A, (Ed.), *Marine artificial reef research and development: integrating fisheries management objectives*. American Fisheries Society, Symposium 86, Bethesda, Maryland.
- Gomiero A., Da Ros L., Meneghetti F., Nasci C., Spagnolo A., Fabi G. 2011. Integrated use of biomarkers in the mussel *Mytilus galloprovincialis* for assessing off-shore gas platforms in the Adriatic Sea: Results of a two-year biomonitoring program. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(11): 2483-2495.
- Gomiero A., Volpato E., Nasci C., Perra G., Viarengo A., Dagnino A., Spagnolo A., Fabi G. 2015.

- Use of multiple cell and tissue-level biomarkers in mussels collected along two gas fields in the northern Adriatic Sea as a tool for long term environmental monitoring. *Mar. Poll. Bull.*, 93(1-2): 228-244.
- Gorbi S., Lamberti C.V., Notti A., Benedetti M., Fattorini D., Moltedo G., Regoli F. 2008. An ecotoxicological protocol with caged mussels, *Mytilus galloprovincialis*, for monitoring the impact of an offshore platform in the Adriatic sea. *Mar. Environ. Res.*, 65(1): 34-49.
- Grasshoff K., Cremling K., Erhardt M. 1999. *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, Germany. 600 pp.
- Higuchi R., Fockler C., Dollinger G., Watson R. 1993. Kinetic PCR analysis: real-time monitoring of DNA amplification reactions. *Biotechnology (NY)*, 11 (9): 1026-1030.
- ICRAM. 2001. *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)*.
- ICRAM-APAT. 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*. 72 pp.
- Iglesias M, Carrera P, Muiño R. 2003. Spatio-temporal patterns and morphological characterisation of multispecies pelagic fish schools in the North-Western Mediterranean Sea. *Aquat. Liv. Res.*, 16:541-548.
- IRSA-CNR. 1994. *Metodi analitici per le acque*. Istituto poligrafico e zecca dello Stato, Roma.
- ISO 2004. *Determination of content of hydrocarbon in the range C10 to C40 by gas chromatography*. ISO 16703:2004. 18 pp.
- ISO. 2005. *Water quality - determination of acute toxicity of marine or estuarine sediment to amphipods*. ISO 16712:2005(E). 15 pp.
- Law R.J. 1978. Determination of petroleum hydrocarbons in water, fish and sediments following the Ekofisk blow-out. *Mar. Poll. Bul.*, 9: 321-324.
- Lima I., Moreira S.M., Rendon-Von Osten J., Soares A.M., Guilhermino L. 2007. Biochemical responses of the marine mussel *Mytilus galloprovincialis* to petrochemical environmental contamination along the North-western coast of Portugal. *Chemosphere*, 66(7): 1230-1242.
- Livak J., Schmittingen T.D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$. *Methods*, 25: 402-408.
- 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.
- Manoukian S., Spagnolo A., Scarcella G., Punzo E., Angelini R., Fabi G. 2010. Effects of two offshore gas platforms on soft-bottom benthic communities (north western Adriatic Sea, Italy). *Mar. Environ. Res.*, 70(5): 402-410.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113 (C05S90), doi:10.1029/2007JC004370.
- May R.M. 1979. Patterns of Species Abundance and Diversity. Pagg. 81-120, in: Cody M.L. and Diamond J.M. (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*, 4.
- Michael X.R., Cassand P.M., Ribera D. G. Narbonne J. F. 1992. Metabolism and mutagenic activation of benzo(a)pyrene by subcellular fractions from mussel (*Mytilus galloprovincialis*) digestive gland and sea bass (*Discentrarcus labrax*) liver. *Comp. Biochem. Physiol.*, 103C(1): 43-51.
- 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.
- 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.
- Onorati F., 1999. Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida. La normalizzazione pelitica. *Acqua&Aria*: 83-89.
- Onorati F., Bandini F., Brilli L., Bellaria V., Castiglioni S., Celetti A.M., Comin S., Di Gioia E., Fabbri S., Facchini L., Ferrara M., Guerra R., Leoni T., Lo Re R., Manzo S., Martini P., Mascilongo G., Meloni P., Meineri V., Milani S., Molina M., Rossi E., Ruggiero G., Sanguinetti M.S., Tamberlich F., Traldi D., Trichilo S. 2007. Interconfronto nazionale sul test di inibizione della bioluminescenza mediante *Vibrio fischeri*. *Biol. Mar. Medit.*, 14(1): 87-91.
- Ottaviani E., Franceschini C. 1997. The invertebrate phagocytic immunocyte: clues to a common evolution of immune and neuroendocrine system. *Immunology Today*, 18: 169-174.
- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Petrovic S., Semencic L., Ozetic B., Orzetic M. 2004. Seasonal variations of physiological and cellular biomarkers and their use in the biomonitoring of North Adriatic coastal waters (Croatia). *Mar. Pollut. Bull.*, 49(9-10): 713-720.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.
- Pitcher T.J. 1986. Behaviour of teleost fishes. Fish and Fisheries Series 7. second ed. Chapman & Hall, London: 363-439.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda)*. Vol. 1. Pubbl. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Punzo E., Strafella P., Scarcella G., Spagnolo A., De Biasi A.M., Fabi G. 2015a. Trophic structure of polychaetes around an offshore gas platform. *Mar. Pollut. Bull.*, 99: 119-125.
- Punzo E, Malaspina S, Domenichetti F, Polidori P, Scarcella G, Fabi G. 2015b. Fish detection around offshore artificial structures: preliminary results from hydroacoustics and fishing surveys. *J. Appl. Ichthyol.*, 31(S3): 48-59.
- Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 1990. Ossigeno disciolto. Pagg. 91-103. In: Innamorati M., Ferrari I., Marino D., Ribera d'Alcalà M. (Eds.), *Metodi nell'ecologia del plancton marino*. Nova Thalassia, Vol. 11.
- Salen-Picard C. 1985. Indicateurs biologiques et sédimentation en milieu circalitoral Méditerranéen. *Rapp. p. v. Réu. Comm. Int. pour l'Explor. Sci. Mer Médit.*, 29: 5.
- Scarcella G., Grati F., Fabi G. 2011. Temporal and Spatial Variation of the Fish Assemblage Around a Gas Platform in the Northern Adriatic Sea, Italy. *Turkish J. Fish. Aquatic Sci.*, 11: 433-444.
- Schlitzer R., 2016. *Ocean Data View*. <http://odv.awi.de>.
- Schroeder D.M., Ammann J.A., Harding, L.A., MacDonald W., Golden T. 1999. Relative habitat value of oil and gas production platforms and natural reefs to shallow water fish assemblages in the Santa Maria Basin and Santa Barbara Channel, California. *Proc. Fifth Calif. Islands Symp.*: 493-498.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of

- Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Medit. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- Spagnolo A., Panfilì M., Giampieri A., Spegne R., Trovarelli L. 2002. Cambiamenti indotti sulla comunità bentonica di fondo mobile da una piattaforma estrattiva off-shore (Adriatico settentrionale). *Biol. Mar. Medit.*, 9(1): 191-198.
- Spagnolo A., Ausili S., Fabi G., Manoukian S., Puletti M. 2006. Realizzazione di una piattaforma estrattiva off-shore: effetti sul macrozoobenthos di fondo mobile. *Biol. Mar. Medit.*, 13(2): 60-61.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- Teixeira H., Salas F., Pardal M.A., Marques J.C. 2007. Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystem: a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.
- Totti C., Civitarese G., Acri F., Barletta D., Candelari G., Paschini E., Solazzi A. 2000. Seasonal variability of phytoplankton populations in the middle Adriatic sub-basin. *J. Plankton Res.*, 22(9): 1735-1756.
- Trabucco B., Cicero A.M., Gabellini M., Virno Lamberti C., Di Mento R., Bacci T., Moltedo G., Tomassetti P., Panfilì M., Marusso V., Cornello M. 2006. Study of the soft bottom macrozoobenthic community around an offshore platform (central Adriatic Sea). *Biol. Mar. Medit.*, 13(1): 659-662.
- Trabucco B., Bacci T., Marusso V., Lomiri S., Vani D., Marzialetti S., Cicero A.M., Di Mento R., De Biasi A.M., Gabellini M., Virno Lamberti C. 2008. Study of the macrofauna surrounding off-shore platforms in the central Adriatic Sea. *Biol. Mar. Medit.*, 15(1): 141-143.
- Tsagarakis K., Giannoulaki M., Somarakis S., Machias A. 2012. Variability in positional, energetic and morphometric descriptors of European anchovy *Engraulis encrasicolus* schools related to patterns of diurnal vertical migration. *Mar. Ecol. Progr. Series*, 446: 243-258.
- 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.
- Viarengo A., Canesi L. 1991. Mussels as biological indicators of pollution. *Aquaculture*, 94(2-3): 225-243.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J. C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Wang, X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 - 633.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (eds). 1986. *Fishes of the North- Eastern Atlantic and Mediterranean*. UNESCO, Voll. 1-2-3. 1473 pp.

- Winkler L.W. 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelosten Sauerstoffes. *Chem. Ber.*, 21: 2843-2855.
- Zar J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 663 pp.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A. 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-263.
- Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004. The use of BENTIX in Assessing Ecological Quality of coastal waters across the Mediterranean. Proceedings of an international workshop on the promotion and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems. Intergovernmental Oceanographic Commission. Workshop Report n. 195: 19-22.

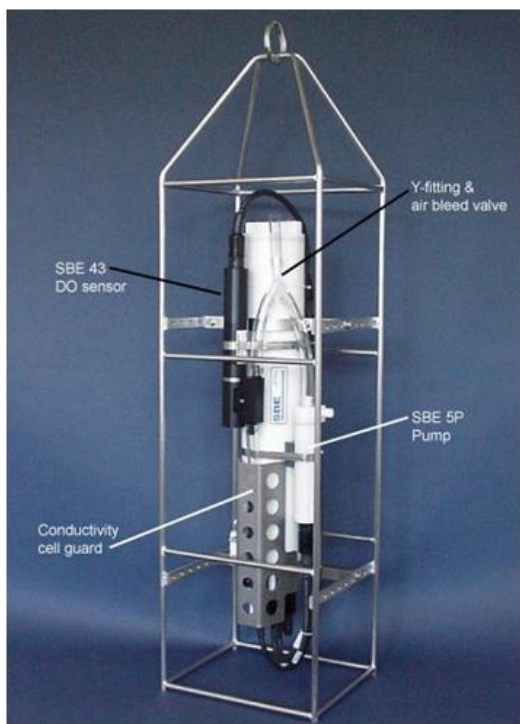
ALLEGATO A

SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

UTILIZZATA NELLE INDAGINI

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

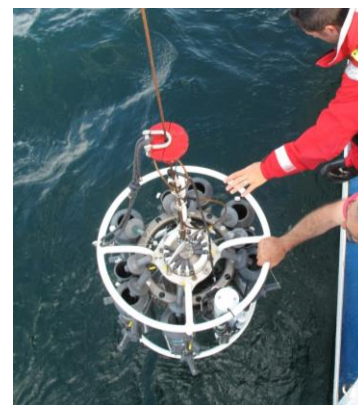
A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



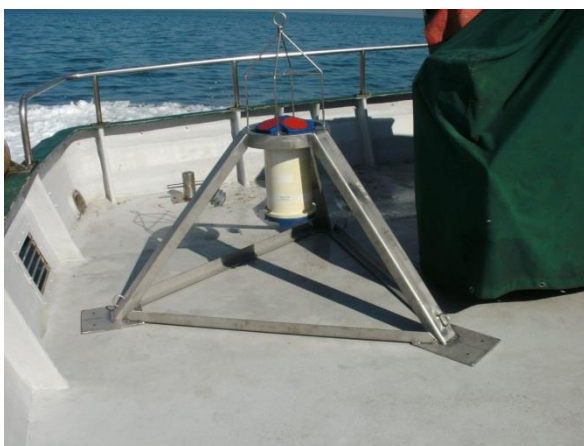
CTD: Sonda multiparametrica CTD SBE 19plusV2 dotata dei seguenti sensori:

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

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



A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
ADCP	Teledyne RD Instruments	Workhorse Sentinel 300 kHz	0,1 cm/s	$\pm 0,5$ cm/s	± 5 m/s (default) ± 20 m/s (maximum)	Ad ogni deployment

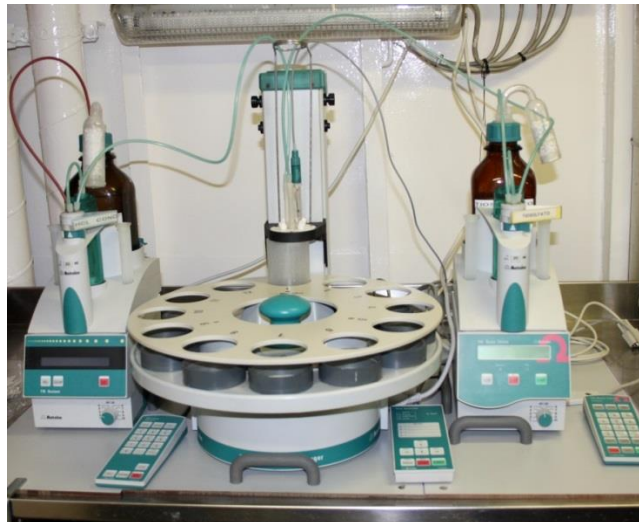
Sensore	Costruttore	Modello	Risoluzione	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
Temperatura	Teledyne RD Instruments	Workhorse Sentinel 300 kHz	0,01°C	$\pm 0,4$ cm/s	da -5°C a + 45°C	ad ogni deployment



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

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

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



Sistema di titolazione automatico con Metrohm Basic Titrino 794 e campionatore

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



A1-V HPLC per l'analisi dei pigmenti



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



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



**A1- VIII Analisi BTEX - Spettrofotometro di massa quadrupolare
HEWLTT-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 TSQ™ 9000 TRIPLE QUADRUPOLE GC-MS/MS SYSTEM



A2-VII 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-VIII 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-IX 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-X 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-XI ICP-MS Agilent Mod, 7700 per la misurazione dell'INDIO



A3

INDAGINI SULLA COMUNITA' BENTONICA

A3-I BENNA VAN VEEN



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

A3-II SETACCIO



Materiale	Lato maglia (mm)
Acciaio inox	0,5

A3-III MICROSCOPIO STEREO ZEISS STEMI 2000-C



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

A3-IV MICROSCOPIO OTTICO ZEISS AXIOLAB



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

A3-V BILANCIA ANALITICA

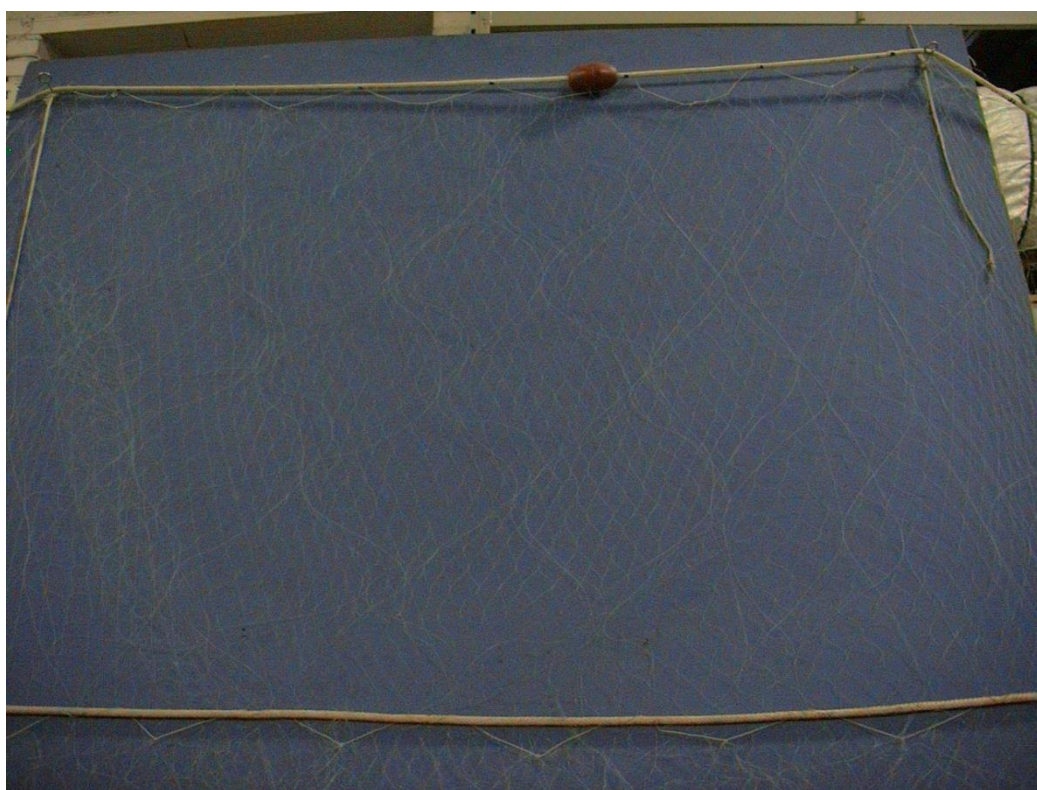


Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Capacità
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

A4

INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

A4-I RETE TREMAGLIO



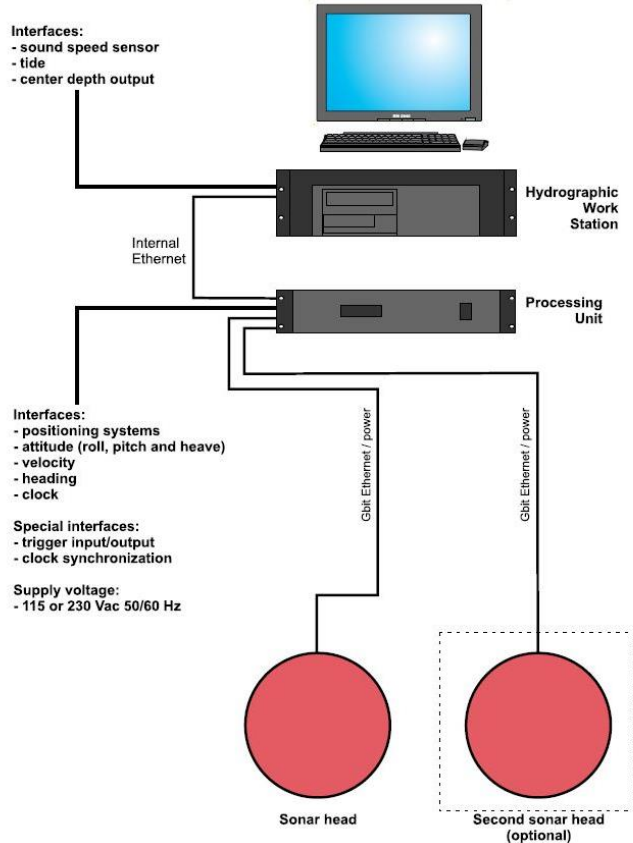
Lunghezza totale:300 m

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

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

A4-II MULTIBEAM ECHOSOUNDER KONGSBERG EM 2040C

System diagram



Features

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

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

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

Further features:

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

Technical specifications

Performance specifications

- Frequency range: 200 – 400 kHz

• Maximum detected depth:	490 m
• Minimum detected depth:	0,5 m
• Maximum ping rate:	50 Hz
• Number of soundings per ping (dual head):	Up to 1600
• Beam width (TX x RX) at 200 kHz:	2 x 2 degrees
• Beam width (TX x RX) at 300 kHz:	1,3 x 1,3 degrees
• Beam width (TX x RX) at 400 kHz:	1 x 1degrees
• TX source level at 300 kHz:	204,5 dB re 1 µPa at 1 m
• RX beam spacing:	Equidistant, equiangle and high density
• Coverage sector (dual head):	200 degrees at 200 – 320 kHz,
• Coverage sector (dual head):	170 degrees at 350 kHz,
• Coverage sector (dual head):	140 degrees at 400 kHz
• Transmit beam steering:	Stabilised for pitch (+/- 10 degrees)
• Receive beam steering:	Stabilised for roll (+/- 15 degrees)
• Range resolution (defined as cT/2):	18,8 mm at 25 µs pulse
• Roll stabilised beams:	+/-15 degrees
• Pitch stabilised beams:	+/-10 degrees
• Yaw stabilised beams:	+/-10 degrees
• Pulse length:	14 µs -12ms
• System accuracy:	better then 10 mm
• Depth resolution	1 cm
• Transducer geometry	Mills cross

External sensors

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

Environmental and EMC specifications

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

A4-IV QUASI STELLAR COLOR



Quasi Stellar, derivata dalla Light Camera, deriva dall'applicazione di recenti tecnologie elettroniche e meccaniche, Costruita con componenti elettronici e meccanici di qualità (acciaio inossidabile, metacrilato, delrin), consente la visione diurna in bianco e nero (o a colori) del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità, fino e oltre 200 m., con intensità di appena 2

millesimi di lux, ideale per la ricerca sistematica con i metodi della traina o del pendolo, consente un buon riconoscimento della tipologia del fondo e degli oggetti, anche seminterrati,

Caratteristiche generali: Trasmettitore video entro-contenuto, che permette la ricezione su qualsiasi televisore o videoregistratore (non occorrono monitor), Cavo ombelicale di piccolo diametro (4,2 mm,) rinforzato internamente con treccia in poliestere che assicura una trazione di oltre 80 Kg, Dimensioni e pesi contenuti: corpo 101,6 mm, di diametro per 280 mm, di lunghezza, L'alimentazione, fornita da batterie al piombo gelatinoso alloggiata nella consolle, assicura una lunga autonomia (maggiore di 24 h di servizio continuo) grazie al basso consumo della telecamera, Per periodi d'uso continuato, o se non si desidera ricorrere all'uso delle batterie, sono disponibili alimentatori a 220 V, Quasi Stellar è fornita in allestimento base con versioni operative a 100 e 200 m, di profondità, con pezzature di cavo ombelicale di analoga lunghezza e cavetto di collegamento al televisore,

A5

ANALISI IN *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

A5-I ESTRAZIONE LIQUIDO-SOLIDO A FLUSSO tipo Soxhlet



Materiale: Apparato elevatore, isomantello, pallone da 250 ml, un apparato di Soxhlet con refrigerante apposito, un ditale di carta, pinze e morsetti, due tubi di gomma, moderatore di ebollizione (sfere di pyrex), cilindro graduato da 250 ml, solvente organico d'estrazione, cilindretto graduato da 10 ml, pipette Pasteur, cristallizzatore, piastra riscaldante, ancorotta magnetica, imbuto, tettarelle, cotone, provetta o protettone da 250 ml,

A5-II CROMATOGRAFIA LIQUIDA Waters 996 PDA HPLC System (liquid chromatograph)



TIPO DI STRUMENTO: **Cromatografo per cromatografia liquida ad alte pressioni (HPLC)**,
COSTRUTTORE **Waters**

SERIE **996 PDA**

TIPO DI DETECTOR: **Fluorescenza (Waters® 474 Scanning Fluorescence Detector) e UV-Visibile (rivelatore a serie di fotodiodi Waters® PDA 996)**

VOLUME DI INIEZIONE: **5 µl**

CARRIER: **Acqua/Acetonitrile**

TIPO DI COLONNA: **Supelcosil LC-PAH**

LUNGHEZZA: **25 cm**

DIAMETRO: **4,5 mm**

FASE: **C-18**

PARTICLE SIZE: **5 µm**

INTEGRAZIONE ED ANALISI DEL DATO: **Waters Millennium software®**

A5-IIa SUPELCOSIL™ LC-PAH HPLC Column (colonna per cromatografia liquida ad alte prestazioni-HPLC)



CARATTERISTICHE FISICHE: **5 µm diametro granuli**, lunghezza × I,D, **25 cm × 4,6 mm**

MATRICE (supporto): **gel di silice a forma sferica**

(Fase stazionaria): **octadecyl silice**

diámetro granuli: **5 µm**

dimensione pori: **120 Å**

A5-III GAS – CROMATOGRAFIA FID (Flame Ionization Detector Perkin Elmer) per l'analisi degli Idrocarburi Alifatici



TIPO DI STRUMENTO: **gas cromatografo**
COSTRUTTORE **Perkin Elmer**
SERIE **GC FID Autosystem**
TIPO DI DETECTOR: **FID (Flame Ionized Detector)**
TECNICA DI INIEZIONE: **Splitless**
VOLUME DI INIEZIONE: **2 µl**
CARRIER: **Elio**
TIPO DI COLONNA: **Capillare**
LUNGHEZZA: **30 metri**
DIAMETRO: **0,2 mm**
FASE: **SOPB-5**
SPESSORE DEL FILM: **0,2 µm**
INTEGRAZIONE ED ANALISI DEL DATO: **Software TotalCrom Perkin Elmer**

A5-IIIa SUPELCO SPB-5

CARATTERISTICHE TECNICHE: **Lunghezza 30m, Ø 0,32mm**
MATRICE-Fase stazionaria **0,25mm, 95% difenil-, 5% dimetil-silicone)**



A5-IV MINERALIZZATORE Milestone Ethos 900



TIPO DI STRUMENTO: Forno **Mineralizzatore /estrattore**
COSTRUTTORE **Milestone**
SERIE: **900**
VOLUME DI INIEZIONE: **6 posizioni da 200 ml**
POTENZA SORGENTE: **fino a 1600w**
SOFTWARE DI CONTRIOLLO: **EasyControl software®**

A5-V SPETTROFOTOMETRIA DI ASSORBIMENTO ATOMICO Perkin-Elmer



TIPO DI STRUMENTO: Spettrofotometro ad assorbimento atomico a doppio raggio con
correttore di fondo Zeeman 4100 Z,
COSTRUTTORE: *Perkin-Elmer*,
SERIE: AAS 3030
LAMPADA: a catodo cavo,

ACCESSORI OPZIONALI:

A5-Va

Flow injection Mercury system FIMS
400, Perkin-Elmer per il dosaggio/analisi
del Hg



A5-Vb

Flow Injection Analysis System (FIAS
400, Perkin Elmer) per il dosaggio/analisi
dell'As



A5-VI HIGH SPEED BLENDER 7011 Waring



A5-VII COLONNINE LiChrolut EN



A5-VIII HPLC-DAD Thermo Finnigan P4000



A5-IX CRIOSTATO Leica CM1900



Strumento	Costruttore	Serie	Cabina	Refrigerante
Criostato	Leica	1900	Refrigerata fino a -50C°	Freon

A5-X MICROSCOPIO invertito Carl Zeiss Axiocam 135 motorizzato con telecamera Carl Zeiss Axiovert HS



Main features	Highly stable pyramid shape and low center of gravity for vibration-free work, min, 6 adaptation options (12 drilled holes) e.g, for micromanipulators Optovar revolver 3x motorized 6x objective nosepiece for HD DIC, motorized
Optics	ICS optics for finest image quality: special application objectives with long working distance
Objectives	Reflected light: Epiplan, Epiplan-Neofluar, EC Epiplan-Neofluar Transmitted light: Achromplan, Plan-Neofluar Special: LD-Epiplan, LD-EC Epiplan-Neofluar (reflected light objective with long working distance)
Modules	Polarization optical shearing interferometer (TIC) to measure reflected light-phase objects(levels, differences in height), MHT 10, DeepView
Illumination Reflected light	12V, 100W halogen HBO 50W mercury vapor short arc lamp HBO 100W mercury vapor short arc lamp XBO 75W xenon lamp
Reflected light/filter slider	3 positions for filters with 25 mm diameter
Reflector turret	5 positions, manual or motorized, exchangeable
Light Trap	High contrast, minimized stray light
Transmitted light	6V, 30W 12V, 100W LCD-display, light manager

TelecameraAxiovert HS

Sensore	Sony ICX 414, progressives readout
Risoluzione	660(H) x 494 (V) = 330 K Pixels
Pixel Size	9,9 µm (H) x 9,9 µm (V)
Dimensione sensore	6,5 mm x 4,9 mm, equivalent to ½
Sensibilità spettrale	HSc appr, 400 bis 720 nm con BG 40 IR-blocking filter HSm appr, 350 bis 1000 nm con BK7 protective cover glass
Dynamic Range	Typical SNR 65 dB = 1 : 1800
Noise	1 17 e
Dark Current	0,7 LSB/s, equivalenti a to 5,4 e / Pixel/s
Fotogrammi / sec	Appr, 54 fotogrammi/s in risoluzione normale fino a , 140 fotogrammi/s a
Tempo di esposizione	da 0,25 ms fino a 60 s
Color optimisation	Available for color model, default white point 3200 k

A5-XI CENTRIFUGA Beckman Allegra 25R



Strumento	Costruttore	Modello	Range velocità	Range temperatura (°C)	Precisione	Diametro rotore
Centrifuga	Beckman	Allegra 25R	100-25000 rpm	0 – 50 piena velocità -30-40 a veloc. ridotta	±1	215 mm

A5-XII SPETTROFOTOMETRIA Shimadzu UV-1700 Pharma



Strumento	Costruttore	Serie	Lampada	Range lunghezza d'onda	Accuratezza lung. d'onda	Range fotometrico	Accuratezza fotometrica
Spettrofotometro	Shimadzu	UV 1700 Pharma	UV-VIS	195-1100 nm)	±0,5 nm	Trasmittanza 0-100% T Assorbanza 0-4 A	±0,005 A

Taratura giornaliera ed esecuzione di curva standard di riferimento,

A5-XIII MICROTOMO Leitz 1512



microtomo rotativo manuale dotato di lama regolabile e ruotabile che permette di ottenere sezioni di buona qualità fino a 4 μm di spessore,

A5-XIV MICROSCOPIO PER SEZIONI



A5-XV ULTRAMICROTOMO Leika ULTRACUT S



A5-XVI MICROSCOPIO OTTICO CONVENZIONALE ROVESCiato OLYMPUS IX



A5-XVII MICROSCOPIO A FORZA ATOMICA AFM



A4-XVIII MICROSCOPIO SEM Stereoscan 260 Cambridge Instruments



ALLEGATO B

PIATTAFORMA ELETTRA

SCHEDE GRANULOMETRICHE

DEI SITI POSTI LUNGO I TRANSETTI A E B E DEI

CONTROLLI K1 - K4

9° SURVEY POST LAVORI (ESTATE 2018)



Stazione A1 (250 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

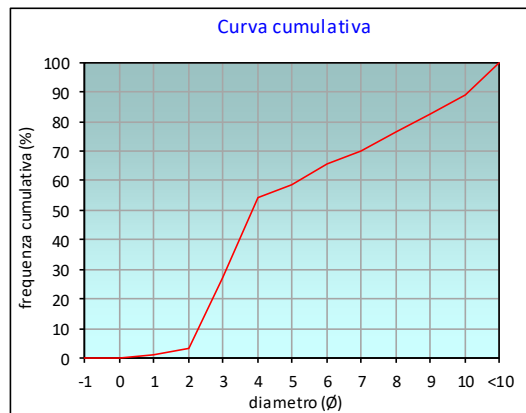
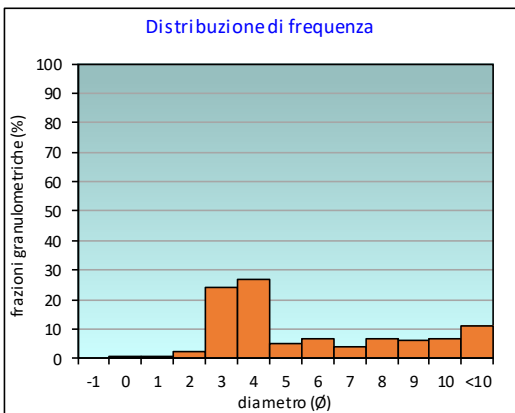
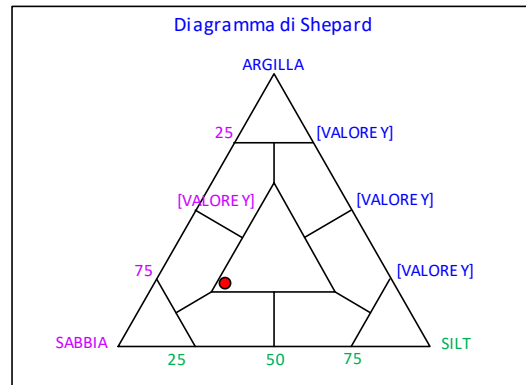
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,20	5	2,08
Mediana	M _d	3,85	16	2,53
Classazione	σ	2,95	25	2,90
Asimmetria	S _{ki}	0,59	50	3,85
Appuntimento	K _G	0,71	75	7,79
			84	9,21
			95	10,54

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,3	0,3
	1	500	0,6	0,9
	2	250	2,2	3,1
	3	125	24,2	27,3
LIMO	4	62,5	26,8	54,1
	5	31,2	4,8	58,9
	6	15,6	6,9	65,7
	7	7,8	4,0	69,7
ARGILLA	8	3,9	6,6	76,4
	9	2	6,3	82,7
	10	0,98	6,4	89,1
	<10	<0,98	10,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	54,1	22,3	23,6

NOTE
n.d.

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



Stazione A2 (120 m NW)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,10
Mediana	M _d	3,79
Classazione	σ	2,91
Asimmetria	S _{ki}	0,60
Appuntimento	K _G	0,71

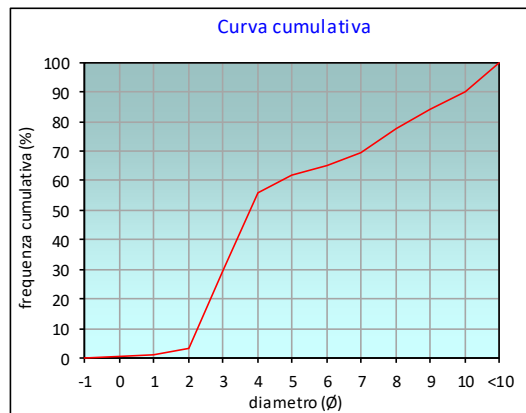
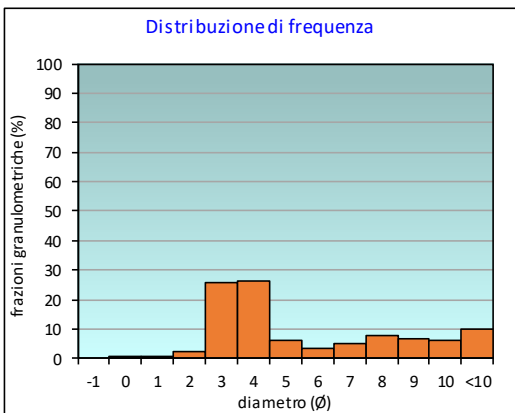
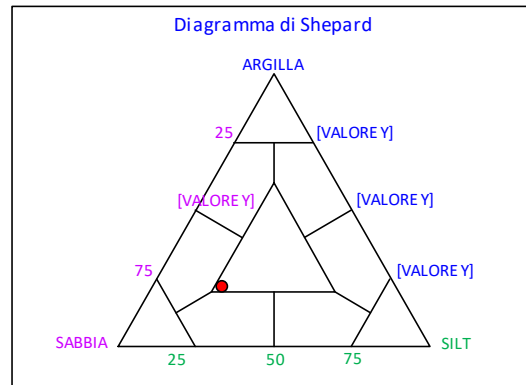
PERCENTILE	∅
5	2,06
16	2,49
25	2,84
50	3,79
75	7,68
84	9,02
95	10,51

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,7	1,0
	2	250	2,3	3,4
	3	125	25,8	29,1
	4	62,5	26,5	55,7
LIMO	5	31,2	6,0	61,7
	6	15,6	3,2	64,9
	7	7,8	4,8	69,7
	8	3,9	7,8	77,5
ARGILLA	9	2	6,4	83,9
	10	0,98	6,0	89,9
	<10	<0,98	10,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	55,7	21,8	22,5

NOTE
n.d.

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



Stazione A3 (60 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	24,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,18
Mediana	M _d	3,22
Classazione	σ	2,52
Asimmetria	S _{ki}	0,61
Appuntimento	K _G	2,29

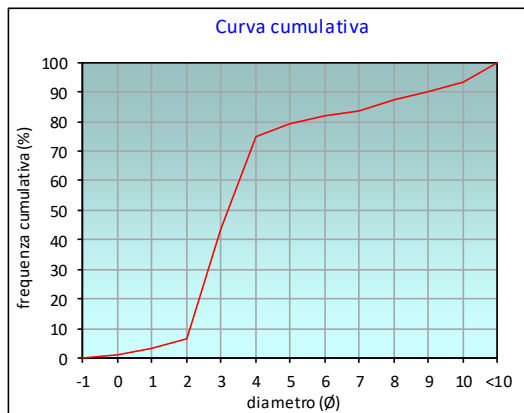
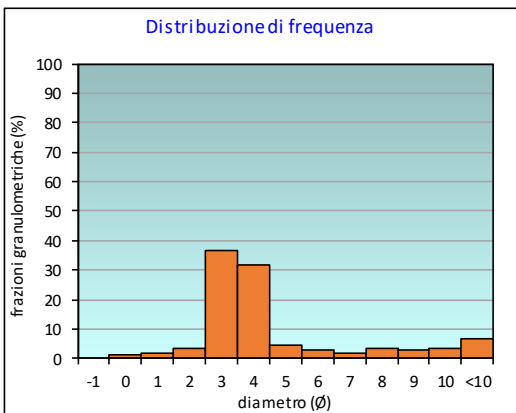
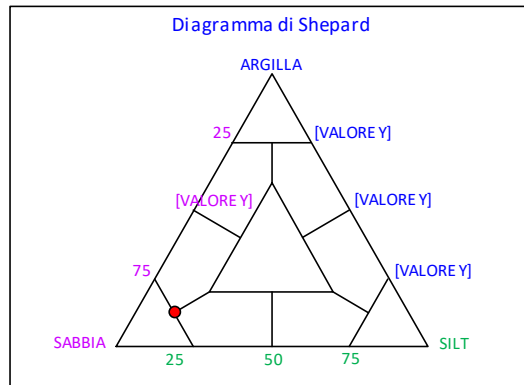
PERCENTILE	∅
5	1,52
16	2,26
25	2,50
50	3,22
75	4,06
84	7,07
95	10,25

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,2	1,2
SABBIA	1	500	1,9	3,1
	2	250	3,5	6,7
	3	125	36,5	43,2
	4	62,5	31,5	74,7
LIMO	5	31,2	4,4	79,1
	6	15,6	2,7	81,8
	7	7,8	2,0	83,8
	8	3,9	3,4	87,2
ARGILLA	9	2	2,7	89,8
	10	0,98	3,5	93,3
	<10	<0,98	6,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	74,7	12,5	12,8

NOTE
n.d.

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



Stazione A4 (30 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	23,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,54
Mediana	M _d	3,46
Classazione	σ	2,73
Asimmetria	S _{ki}	0,57
Appuntimento	K _G	1,51

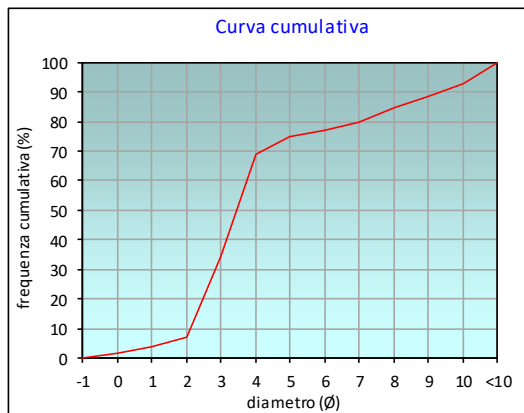
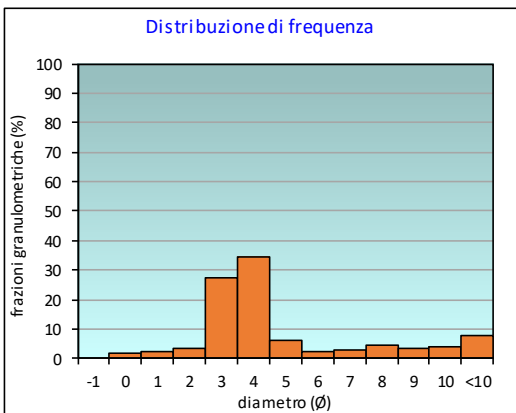
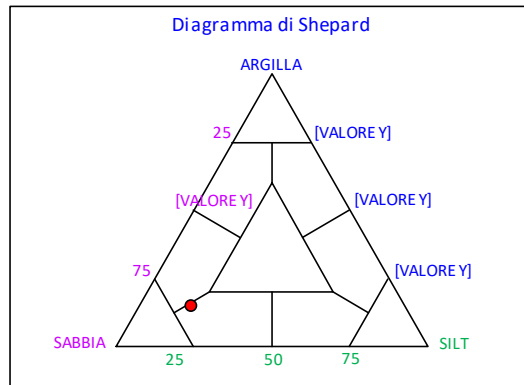
PERCENTILE	∅
5	1,40
16	2,33
25	2,66
50	3,46
75	5,09
84	7,85
95	10,33

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,5	1,5
SABBIA	1	500	2,1	3,6
	2	250	3,4	7,0
	3	125	27,2	34,3
	4	62,5	34,4	68,7
LIMO	5	31,2	6,1	74,8
	6	15,6	2,1	77,0
	7	7,8	3,0	80,0
	8	3,9	4,7	84,7
ARGILLA	9	2	3,6	88,4
	10	0,98	4,1	92,5
	<10	<0,98	7,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	68,7	16,1	15,3

NOTE
n.d.

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



Stazione EL NW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	21,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

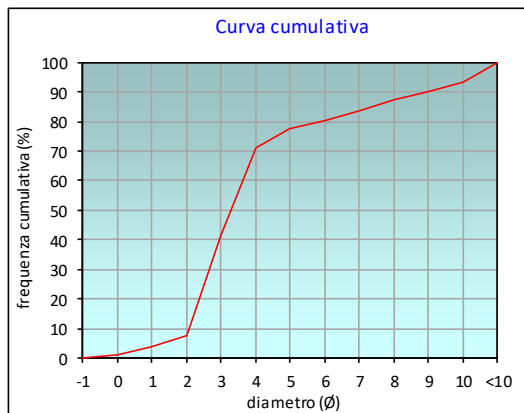
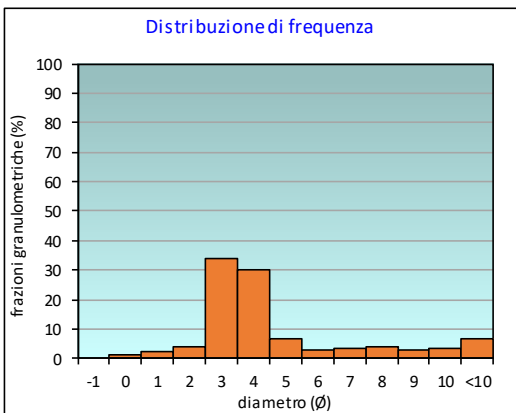
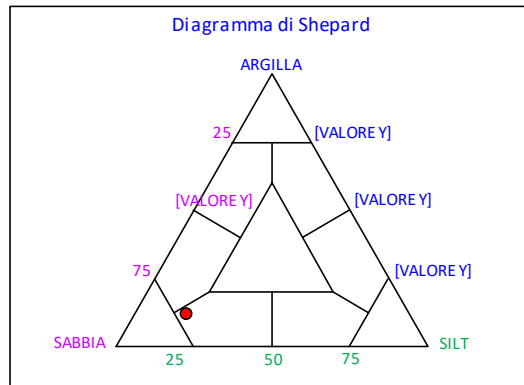
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,22	5	1,32
Mediana	M _d	3,29	16	2,25
Classazione	σ	2,56	25	2,52
Asimmetria	S _{ki}	0,56	50	3,29
Appuntimento	K _G	1,77	75	4,58
			84	7,11
			95	10,23

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,4	1,4
	1	500	2,4	3,7
	2	250	3,9	7,6
	3	125	33,6	41,3
LIMO	4	62,5	30,0	71,2
	5	31,2	6,4	77,7
	6	15,6	2,6	80,3
	7	7,8	3,3	83,6
ARGILLA	8	3,9	3,8	87,4
	9	2	2,6	90,0
	10	0,98	3,4	93,5
	<10	<0,98	6,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	71,2	16,2	12,6

NOTE
n.d.

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



Stazione EL SE

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

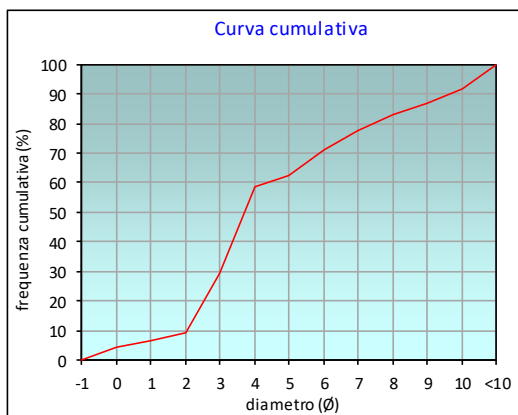
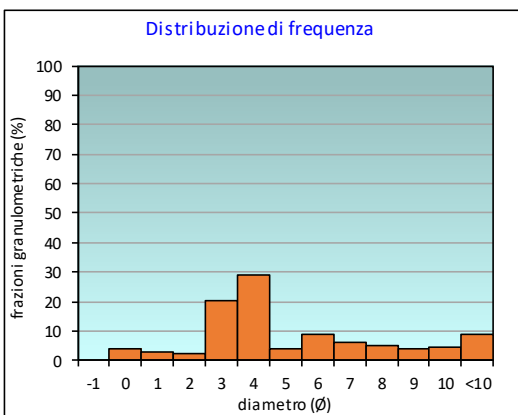
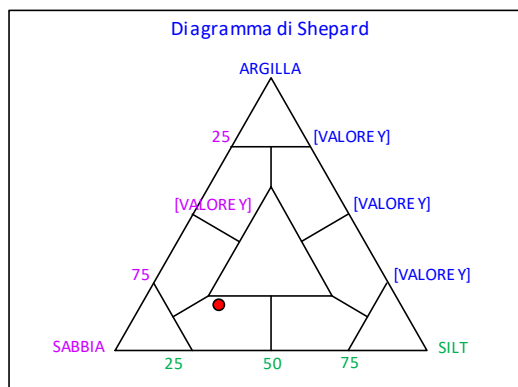
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,79	5	0,33
Mediana	M _d	3,71	16	2,34
Classazione	σ	3,02	25	2,79
Asimmetria	S _{ki}	0,43	50	3,71
Appuntimento	K _G	1,09	75	6,59
			84	8,31
			95	10,42

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	4,1	4,1
	1	500	2,6	6,8
	2	250	2,3	9,1
	3	125	20,1	29,2
LIMO	4	62,5	29,2	58,4
	5	31,2	4,2	62,6
	6	15,6	8,7	71,3
	7	7,8	6,3	77,6
ARGILLA	8	3,9	5,2	82,8
	9	2	3,9	86,7
	10	0,98	4,7	91,4
	<10	<0,98	8,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,4	24,4	17,2

NOTE
n.d.

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



Stazione A5 (30 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	25,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,17
Mediana	M _d	3,33
Classazione	σ	2,40
Asimmetria	S _{ki}	0,60
Appuntimento	K _G	2,58

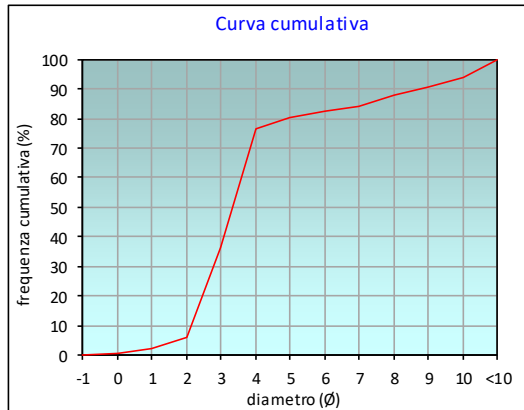
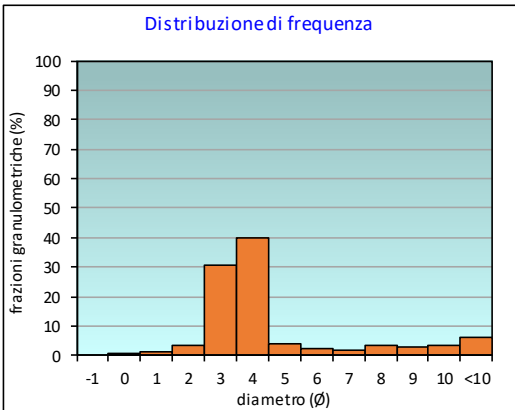
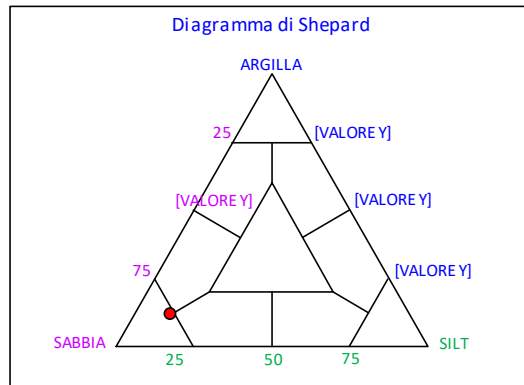
PERCENTILE	∅
5	1,80
16	2,33
25	2,62
50	3,33
75	3,96
84	6,86
95	10,19

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,7	0,7
	1	500	1,4	2,2
	2	250	3,6	5,7
	3	125	30,8	36,6
LIMO	4	62,5	40,1	76,7
	5	31,2	3,8	80,5
	6	15,6	2,1	82,5
	7	7,8	1,7	84,2
ARGILLA	8	3,9	3,5	87,8
	9	2	2,8	90,5
	10	0,98	3,3	93,8
	<10	<0,98	6,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	76,7	11,1	12,2

NOTE
n.d.

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



Stazione A6 (60 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	23,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,62
Mediana	M _d	3,22
Classazione	σ	2,11
Asimmetria	S _{ki}	0,49
Appuntimento	K _G	2,58

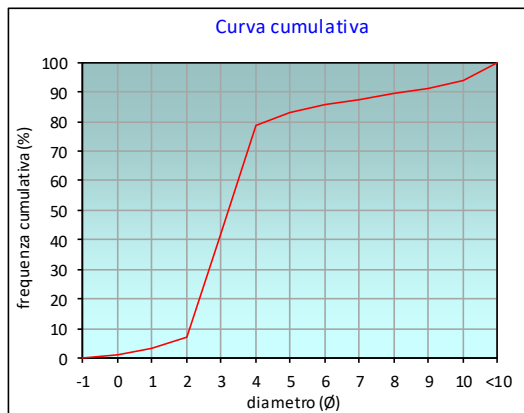
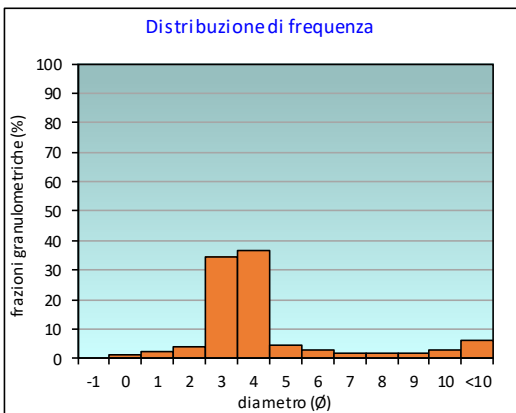
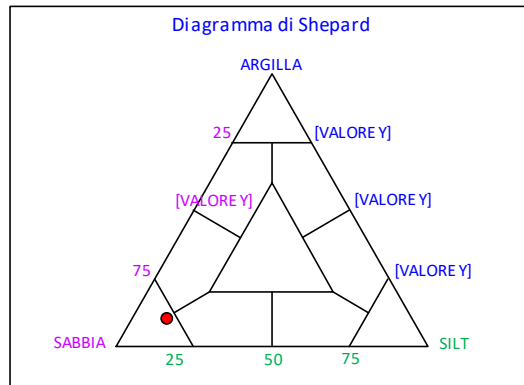
PERCENTILE	∅
5	1,45
16	2,25
25	2,51
50	3,22
75	3,90
84	5,40
95	10,16

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,2	1,2
SABBIA	1	500	2,1	3,2
	2	250	3,9	7,2
	3	125	34,7	41,8
	4	62,5	36,9	78,7
LIMO	5	31,2	4,3	82,9
	6	15,6	2,7	85,6
	7	7,8	1,9	87,5
	8	3,9	1,9	89,4
ARGILLA	9	2	1,6	91,1
	10	0,98	2,9	94,0
	<10	<0,98	6,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	78,7	10,8	10,6

NOTE
n.d.

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



Stazione A7 (120 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	25,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

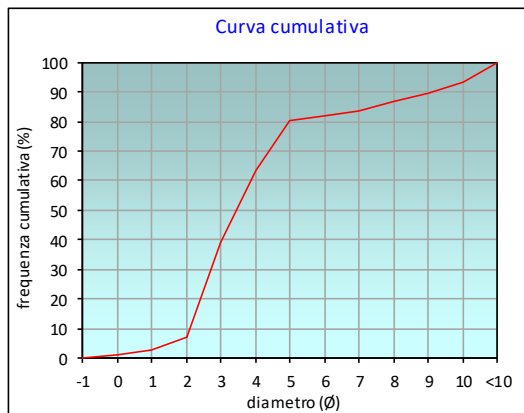
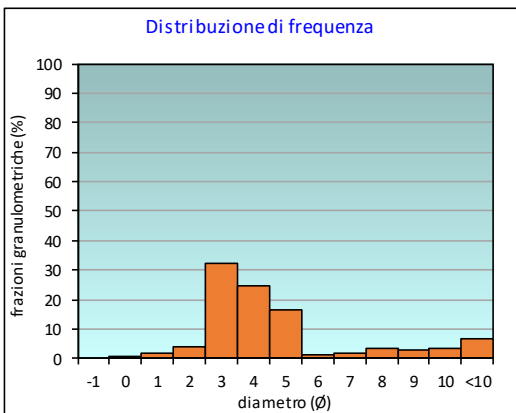
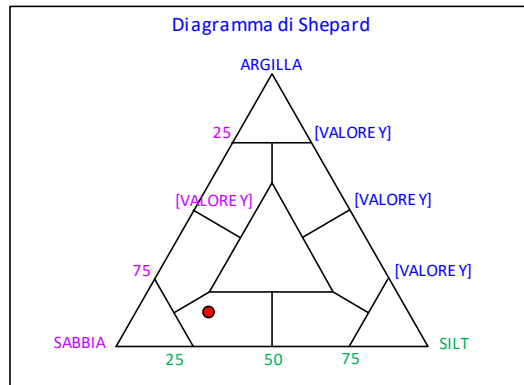
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,30	5	1,53
Mediana	M _d	3,44	16	2,28
Classazione	σ	2,55	25	2,56
Asimmetria	S _{ki}	0,54	50	3,44
Appuntimento	K _G	1,69	75	4,68
			84	7,18
			95	10,27

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	2,0	2,9
	2	250	3,9	6,8
	3	125	32,4	39,2
	4	62,5	24,5	63,7
LIMO	5	31,2	16,7	80,3
	6	15,6	1,3	81,7
	7	7,8	1,7	83,4
	8	3,9	3,5	86,9
ARGILLA	9	2	2,7	89,6
	10	0,98	3,6	93,2
	<10	<0,98	6,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,7	23,2	13,1

NOTE
n.d.

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



Stazione A8 (250 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	31,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,77
Mediana	M _d	3,35
Classazione	σ	2,89
Asimmetria	S _{ki}	0,66
Appuntimento	K _G	0,76

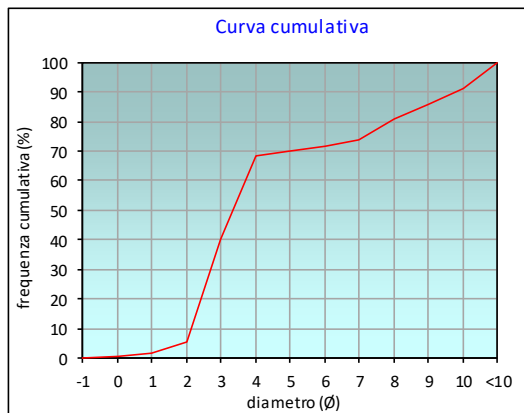
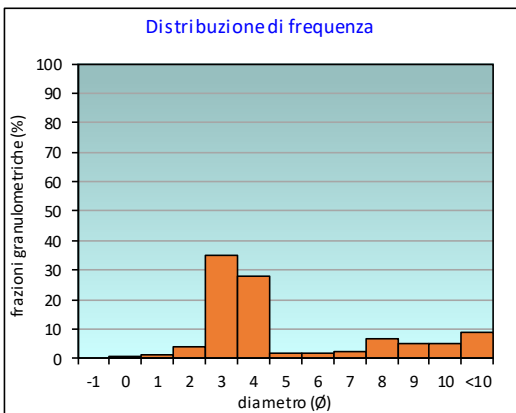
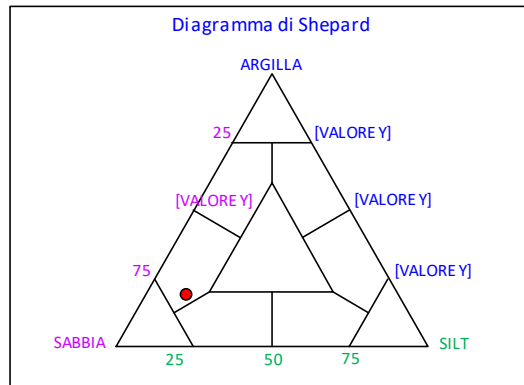
PERCENTILE	∅
5	1,89
16	2,30
25	2,56
50	3,35
75	7,15
84	8,66
95	10,45

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,4	0,4
	1	500	1,2	1,6
	2	250	3,8	5,4
	3	125	34,8	40,2
LIMO	4	62,5	27,9	68,1
	5	31,2	1,7	69,9
	6	15,6	1,5	71,4
	7	7,8	2,6	74,0
ARGILLA	8	3,9	6,8	80,7
	9	2	5,0	85,7
	10	0,98	5,2	90,9
	<10	<0,98	9,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	68,1	12,6	19,3

NOTE
n.d.

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



Stazione B1 (250 m NE)

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

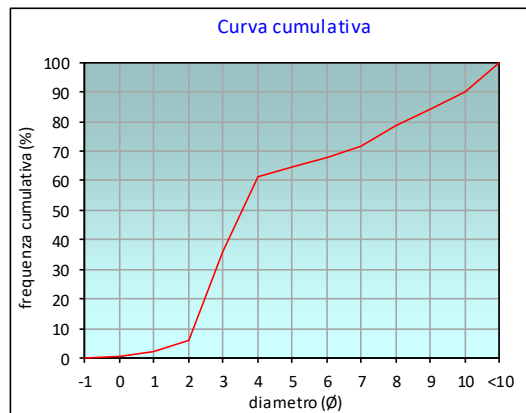
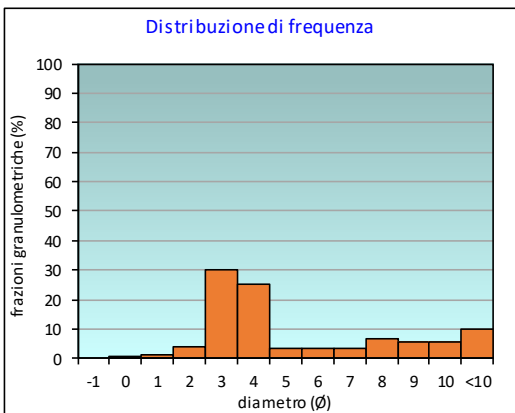
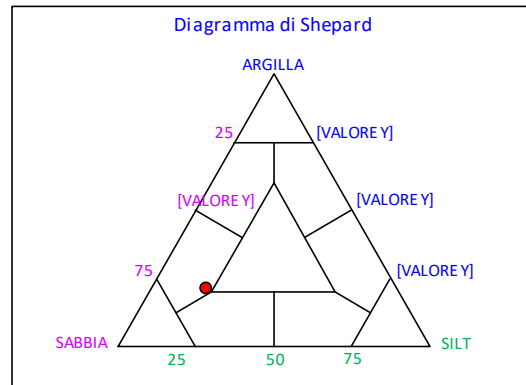
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,95	5	1,80
Mediana	M _d	3,55	16	2,34
Classazione	σ	2,97	25	2,64
Asimmetria	S _{ki}	0,61	50	3,55
Appuntimento	K _G	0,73	75	7,50
			84	8,96
			95	10,50

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,7	0,7
	1	500	1,3	2,0
	2	250	3,7	5,8
	3	125	30,2	35,9
LIMO	4	62,5	25,4	61,3
	5	31,2	3,2	64,5
	6	15,6	3,4	68,0
	7	7,8	3,6	71,6
ARGILLA	8	3,9	6,8	78,4
	9	2	5,8	84,2
	10	0,98	5,7	90,0
	<10	<0,98	10,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	61,3	17,1	21,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B2 (120 m NE)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,94
Mediana	M _d	3,49
Classazione	σ	3,01
Asimmetria	S _{ki}	0,62
Appuntimento	K _G	0,74

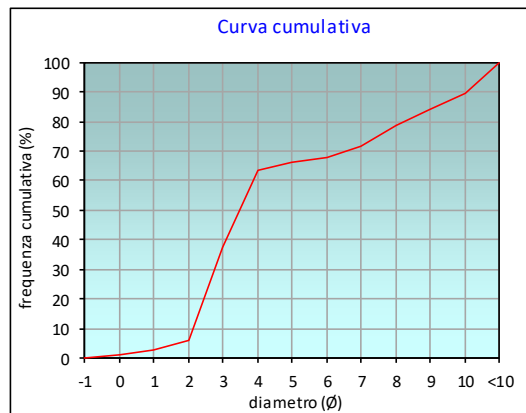
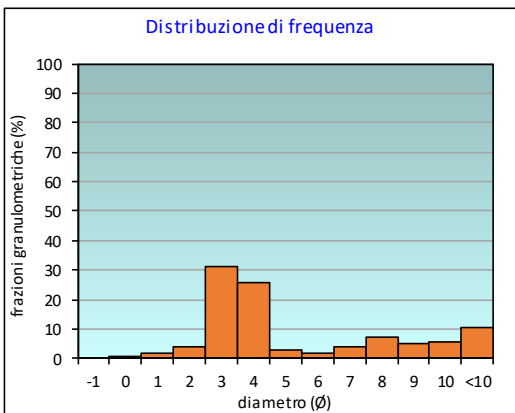
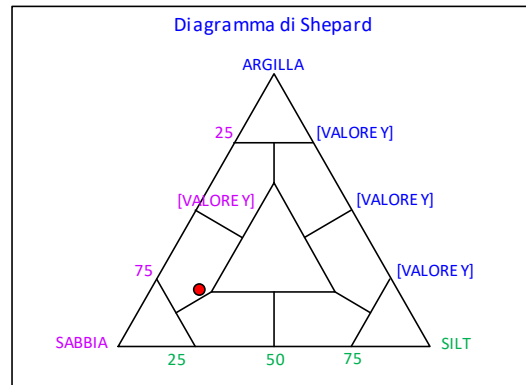
PERCENTILE	∅
5	1,69
16	2,31
25	2,60
50	3,49
75	7,48
84	9,01
95	10,52

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,8	0,8
	1	500	1,6	2,4
	2	250	3,7	6,1
	3	125	31,3	37,5
LIMO	4	62,5	25,7	63,2
	5	31,2	3,1	66,3
	6	15,6	1,6	67,9
	7	7,8	3,7	71,6
ARGILLA	8	3,9	7,1	78,7
	9	2	5,2	83,9
	10	0,98	5,7	89,6
	<10	<0,98	10,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,2	15,5	21,3

NOTE
n.d.

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



Stazione B3 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	24,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,17
Mediana	M _d	3,53
Classazione	σ	2,16
Asimmetria	S _{ki}	0,57
Appuntimento	K _G	2,85

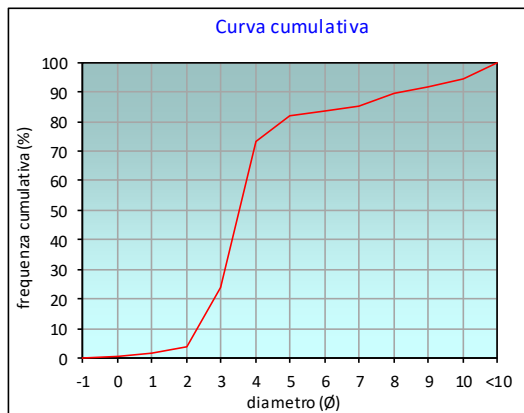
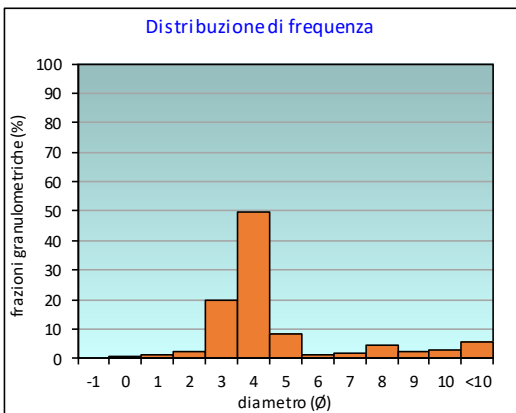
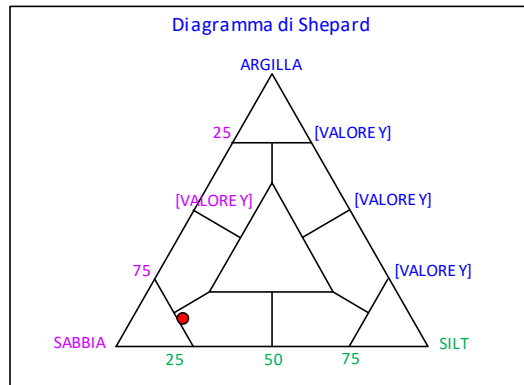
PERCENTILE	∅
5	2,06
16	2,61
25	3,03
50	3,53
75	4,18
84	6,38
95	10,09

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	1,0	1,4
	2	250	2,4	3,8
	3	125	19,9	23,7
	4	62,5	49,8	73,4
LIMO	5	31,2	8,5	82,0
	6	15,6	1,4	83,3
	7	7,8	1,7	85,1
	8	3,9	4,3	89,4
ARGILLA	9	2	2,3	91,7
	10	0,98	2,8	94,5
	<10	<0,98	5,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	73,4	16,0	10,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B4 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	9,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,99
Mediana	M _d	4,16
Classazione	σ	2,64
Asimmetria	S _{ki}	0,47
Appuntimento	K _G	0,84

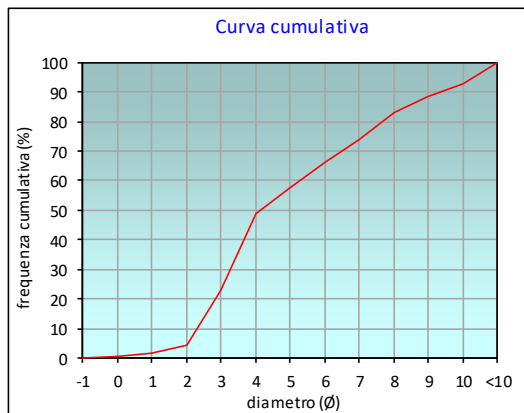
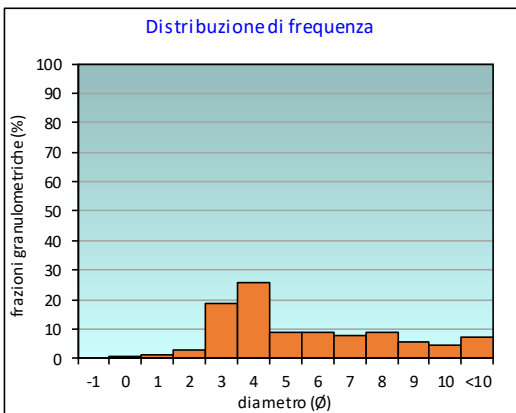
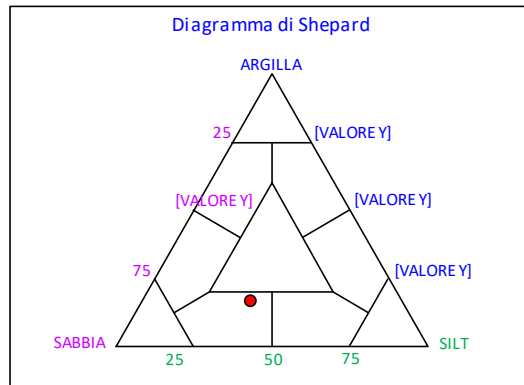
PERCENTILE	∅
5	2,03
16	2,62
25	3,08
50	4,16
75	7,11
84	8,18
95	10,31

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,6	0,6
	1	500	1,1	1,7
	2	250	2,7	4,4
	3	125	18,6	23,0
LIMO	4	62,5	25,6	48,6
	5	31,2	8,7	57,3
	6	15,6	8,9	66,2
	7	7,8	7,8	74,0
ARGILLA	8	3,9	9,1	83,0
	9	2	5,5	88,5
	10	0,98	4,2	92,8
	<10	<0,98	7,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	48,6	34,4	17,0

NOTE
n.d.

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



Stazione EL NE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	25,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

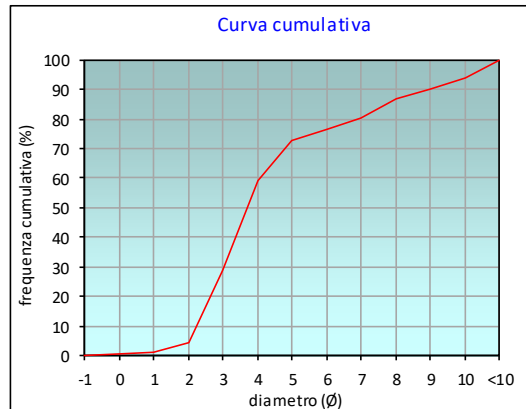
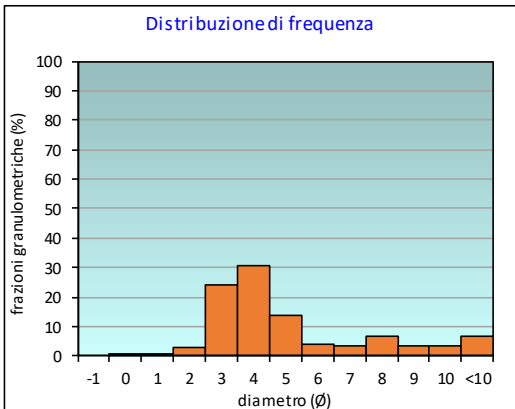
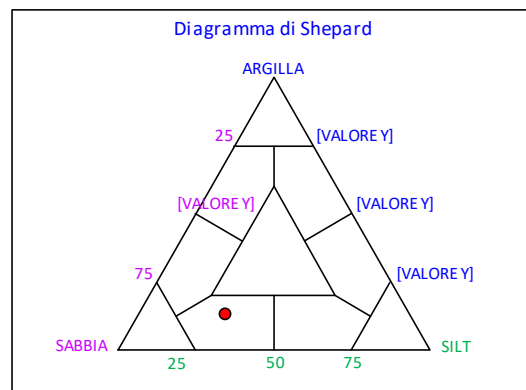
PARAMETRI STATISTICI		PERCENTILE	Ø
Media	M _i	5	2,02
Mediana	M _d	16	2,48
Classazione	σ	25	2,85
Asimmetria	S _{ki}	50	3,71
Appuntimento	K _α	75	5,60
		84	7,60
		95	10,22

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	0,9	1,4
	2	250	3,1	4,5
	3	125	24,0	28,5
	4	62,5	30,4	58,9
LIMO	5	31,2	13,9	72,8
	6	15,6	3,7	76,5
	7	7,8	3,5	80,1
	8	3,9	6,6	86,6
ARGILLA	9	2	3,5	90,1
	10	0,98	3,5	93,6
	<10	<0,98	6,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,9	27,7	13,4

NOTE
n.d.

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



Stazione EL SW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	25,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

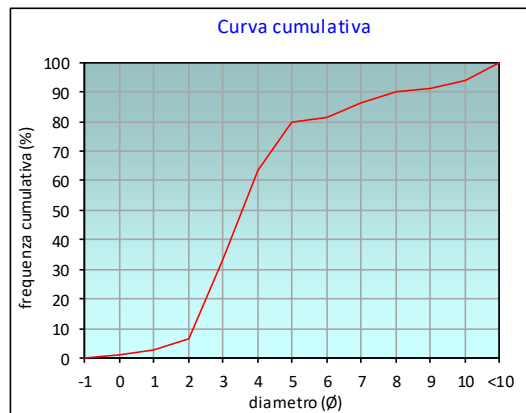
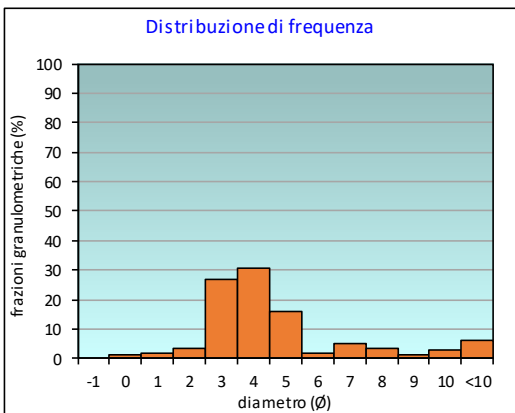
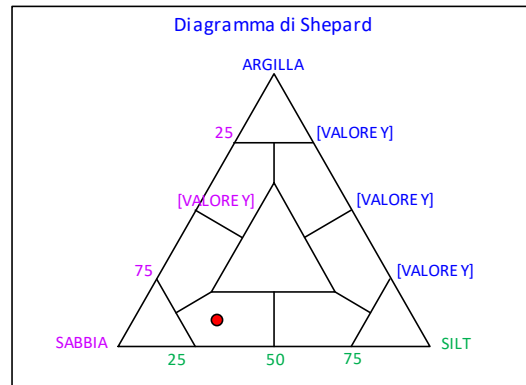
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,14	5	1,62
Mediana	M _d	3,56	16	2,36
Classazione	σ	2,33	25	2,70
Asimmetria	S _{ki}	0,48	50	3,56
Appuntimento	K _G	1,74	75	4,71
			84	6,50
			95	10,17

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,1	1,1
SABBIA	1	500	1,8	2,9
	2	250	3,4	6,3
	3	125	26,7	33,0
	4	62,5	30,4	63,5
LIMO	5	31,2	16,1	79,6
	6	15,6	2,0	81,6
	7	7,8	4,8	86,4
	8	3,9	3,5	89,9
ARGILLA	9	2	1,4	91,3
	10	0,98	2,7	93,9
	<10	<0,98	6,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,5	26,4	10,1

NOTE
n.d.

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



Stazione B5 (30 m SW)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,32
Mediana	M _d	3,47
Classazione	σ	2,52
Asimmetria	S _{ki}	0,54
Appuntimento	K _G	1,66

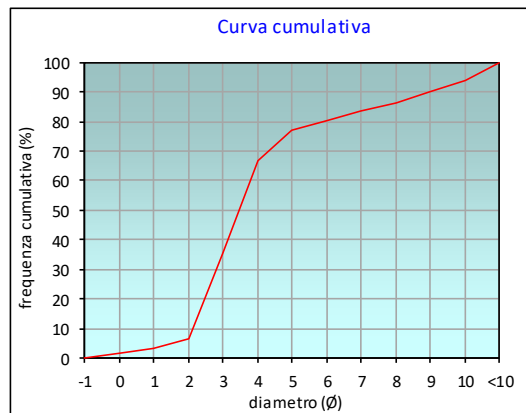
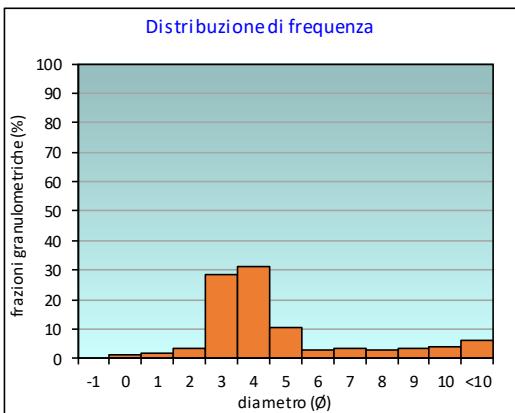
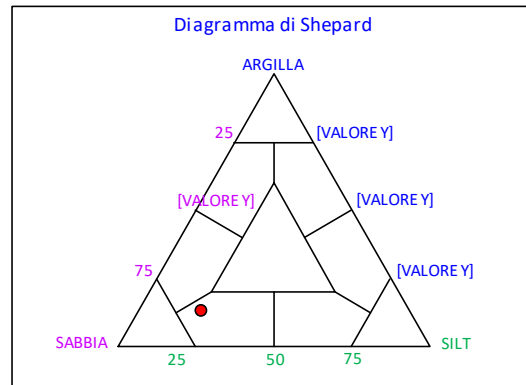
PERCENTILE	φ
5	1,52
16	2,33
25	2,64
50	3,47
75	4,79
84	7,16
95	10,20

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,5	1,5
	1	500	1,8	3,3
	2	250	3,3	6,6
	3	125	28,7	35,3
LIMO	4	62,5	31,3	66,6
	5	31,2	10,6	77,2
	6	15,6	3,1	80,3
	7	7,8	3,2	83,6
ARGILLA	8	3,9	2,8	86,4
	9	2	3,5	89,8
	10	0,98	3,9	93,7
	<10	<0,98	6,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	66,6	19,8	13,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B6 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	24,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,32
Mediana	M _d	3,55
Classazione	σ	2,39
Asimmetria	S _{ki}	0,55
Appuntimento	K _G	1,58

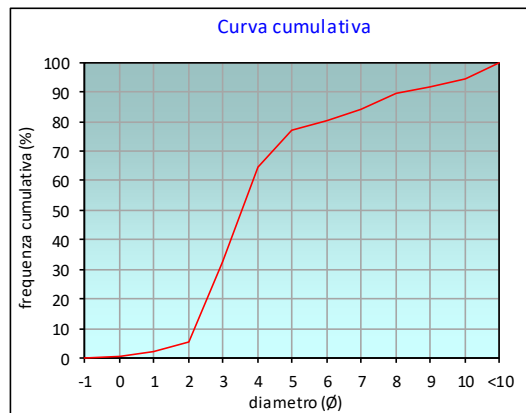
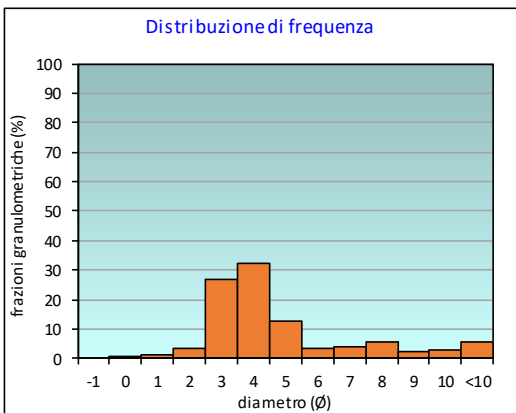
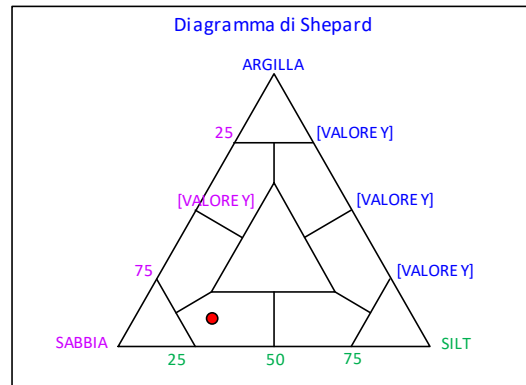
PERCENTILE	∅
5	1,91
16	2,40
25	2,73
50	3,55
75	4,85
84	7,00
95	10,07

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	1,3	2,0
	2	250	3,3	5,3
	3	125	27,1	32,4
	4	62,5	32,0	64,4
LIMO	5	31,2	12,5	76,9
	6	15,6	3,4	80,3
	7	7,8	3,7	84,0
	8	3,9	5,5	89,5
ARGILLA	9	2	2,4	91,9
	10	0,98	2,7	94,6
	<10	<0,98	5,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	64,4	25,1	10,5

NOTE
n.d.

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



Stazione B7 (120 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	35,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

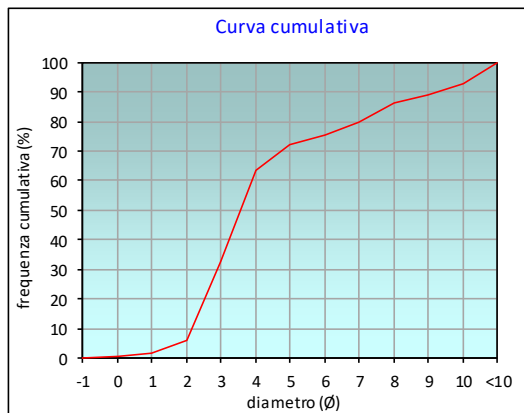
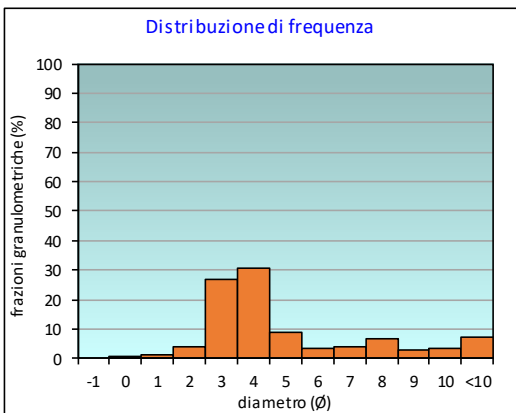
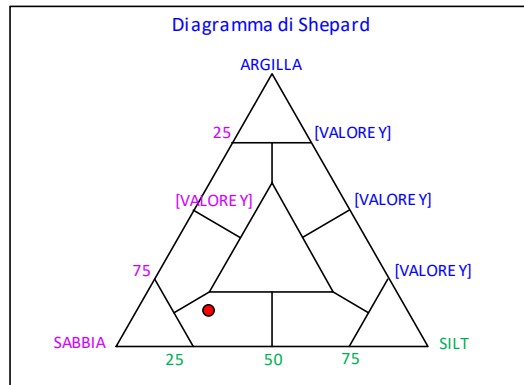
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,53	5	1,76
Mediana	M _d	3,56	16	2,37
Classazione	σ	2,61	25	2,71
Asimmetria	S _{ki}	0,56	50	3,56
Appuntimento	K _G	1,12	75	5,84
			84	7,65
			95	10,31

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,6	0,6
SABBIA	1	500	1,3	1,9
	2	250	4,1	6,0
	3	125	26,8	32,8
	4	62,5	30,6	63,4
LIMO	5	31,2	8,8	72,2
	6	15,6	3,3	75,5
	7	7,8	4,0	79,5
	8	3,9	6,9	86,4
ARGILLA	9	2	2,7	89,1
	10	0,98	3,6	92,7
	<10	<0,98	7,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,4	23,0	13,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	23,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

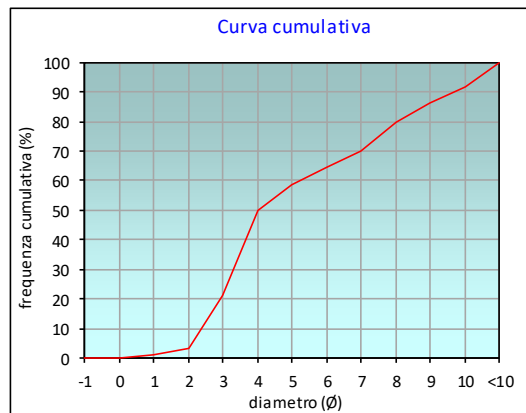
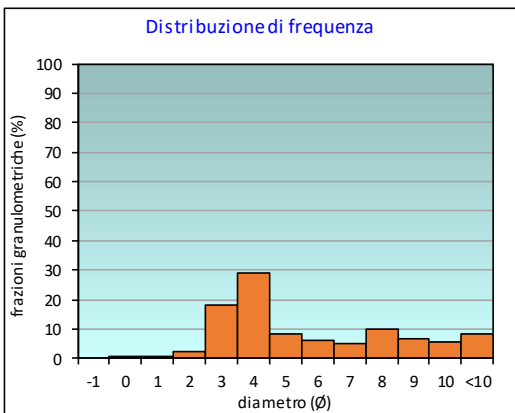
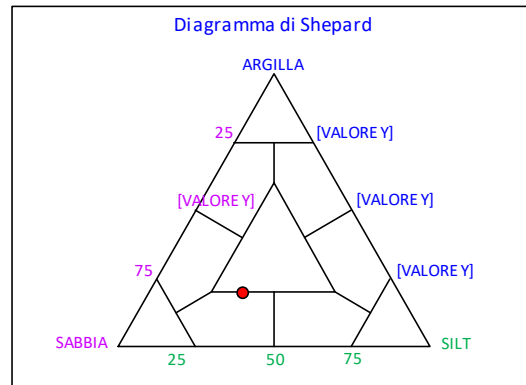
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,12	5	2,09
Mediana	M _d	4,00	16	2,70
Classazione	σ	2,75	25	3,13
Asimmetria	S _{ki}	0,55	50	4,00
Appuntimento	K _G	0,78	75	7,53
			84	8,66
			95	10,40

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	0,7	0,9
	2	250	2,5	3,4
	3	125	17,8	21,3
LIMO	4	62,5	28,7	50,0
	5	31,2	8,5	58,5
	6	15,6	6,0	64,5
	7	7,8	5,2	69,7
ARGILLA	8	3,9	10,0	79,7
	9	2	6,4	86,2
	10	0,98	5,5	91,6
	<10	<0,98	8,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	50,0	29,7	20,3

NOTE
n.d.

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



Stazione K1

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	26,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,64
Mediana	M _d	3,60
Classazione	σ	2,60
Asimmetria	S _{ki}	0,60
Appuntimento	K _G	0,98

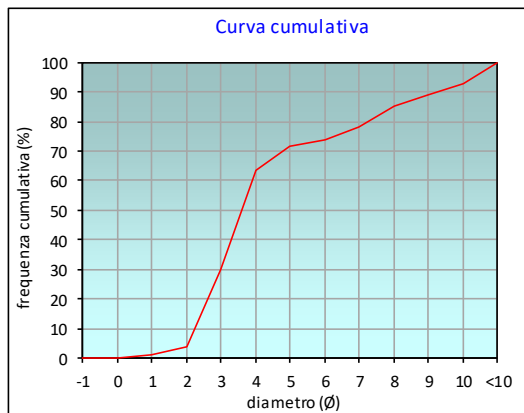
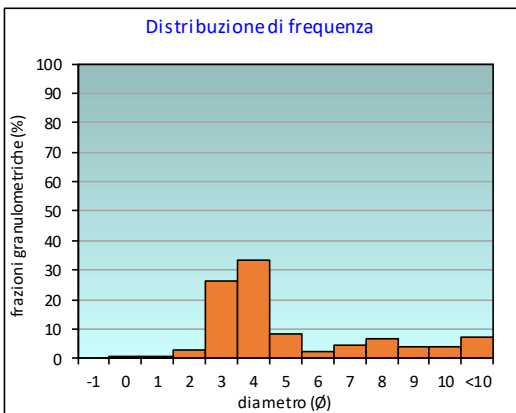
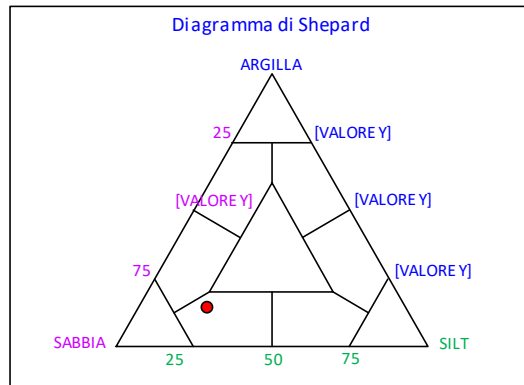
PERCENTILE	∅
5	2,05
16	2,47
25	2,81
50	3,60
75	6,27
84	7,85
95	10,30

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,6	0,9
	2	250	2,9	3,7
	3	125	26,2	29,9
	4	62,5	33,5	63,5
LIMO	5	31,2	8,1	71,5
	6	15,6	2,3	73,8
	7	7,8	4,3	78,2
	8	3,9	6,8	85,0
ARGILLA	9	2	3,8	88,8
	10	0,98	4,1	92,9
	<10	<0,98	7,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,5	21,5	15,0

NOTE
n.d.

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



Stazione K2

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,73
Mediana	M _d	4,88
Classazione	σ	2,96
Asimmetria	S _{ki}	0,36
Appuntimento	K _G	0,71

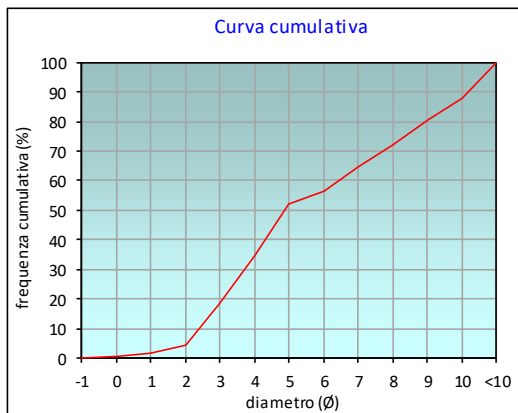
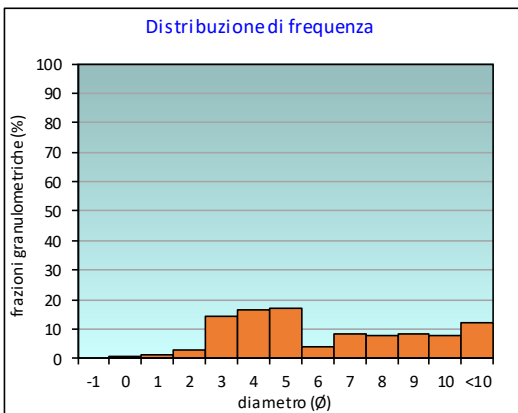
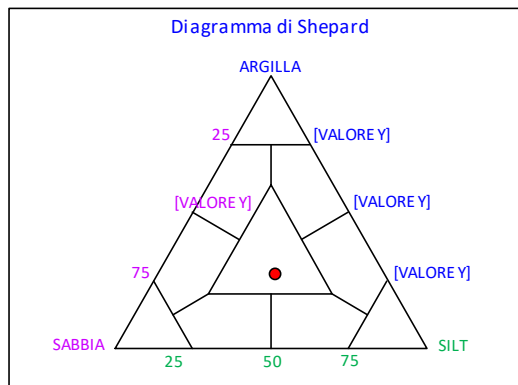
PERCENTILE	∅
5	2,04
16	2,82
25	3,39
50	4,88
75	8,35
84	9,48
95	10,58

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,6	0,6
	1	500	1,2	1,7
	2	250	2,7	4,4
	3	125	14,1	18,6
LIMO	4	62,5	16,3	34,9
	5	31,2	17,2	52,1
	6	15,6	4,1	56,2
	7	7,8	8,1	64,3
ARGILLA	8	3,9	7,8	72,1
	9	2	8,1	80,2
	10	0,98	7,8	88,0
	<10	<0,98	12,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	34,9	37,3	27,9

NOTE
n.d.

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



Stazione K3

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,77
Mediana	M _d	3,97
Classazione	σ	2,49
Asimmetria	S _{ki}	0,52
Appuntimento	K _G	1,09

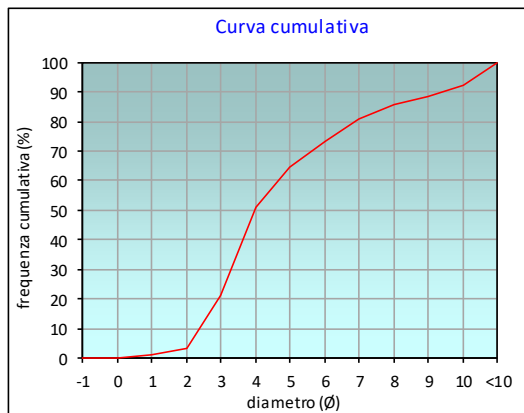
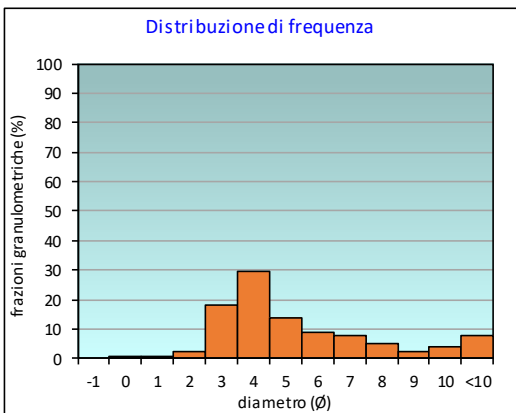
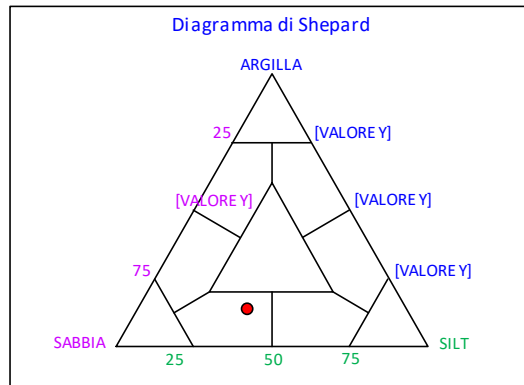
PERCENTILE	∅
5	2,09
16	2,71
25	3,13
50	3,97
75	6,25
84	7,64
95	10,37

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,7	0,9
	2	250	2,4	3,3
	3	125	17,9	21,2
	4	62,5	29,5	50,8
LIMO	5	31,2	13,6	64,4
	6	15,6	8,7	73,1
	7	7,8	7,5	80,7
	8	3,9	5,2	85,9
ARGILLA	9	2	2,4	88,3
	10	0,98	3,8	92,1
	<10	<0,98	7,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	50,8	35,1	14,1

NOTE
n.d.

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



Stazione K4

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,33
Mediana	M _d	3,98
Classazione	σ	2,88
Asimmetria	S _{ki}	0,59
Appuntimento	K _G	0,73

PERCENTILE	∅
5	2,11
16	2,79
25	3,18
50	3,98
75	7,89
84	9,22
95	10,53

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,5	0,7
	2	250	2,5	3,2
	3	125	16,1	19,3
	4	62,5	31,3	50,6
LIMO	5	31,2	7,7	58,2
	6	15,6	3,4	61,7
	7	7,8	6,1	67,7
	8	3,9	8,2	75,9
ARGILLA	9	2	6,6	82,5
	10	0,98	6,7	89,3
	<10	<0,98	10,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	50,6	25,4	24,1

NOTE
n.d.

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

