

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

**MONITORAGGIO AMBIENTALE  
CAMPO CLARA NW**

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

**FASE DI PRODUZIONE**

**RAPPORTO SEMESTRALE 4° ANNO (2019)**

**RAPPORTO n. 14**

**OPERATORE SCIENTIFICO:**

**CNR – IRBIM IN RTI CON STAZIONE ZOOLOGICA ANTON DOHRN, OGS,  
AMBIENTE SPA, CIBM, UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE E  
CONISMA**

**COORDINATORE:**

**GIANNA FABI**



**RESPONSABILE SCIENTIFICO:**

**ALESSANDRA SPAGNOLO**



**RAPPORTO A CURA DI:**

**ALESSANDRA SPAGNOLO**

**GIANNA FABI**

**MIRENO BORGHINI**

**ANNA MARIA DE BIASI**

**CARMEN FERRÀ VEGA**

**ALESSIO GOMIERO**

**LUDMILA KOZINKOVA**

**ANNALISA MINELLI**

**LUCA MONTAGNINI**

**FRANCESCO REGOLI**

**MARIA SAGGIOMO**

**GIUSEPPE SIENA**



## PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM
Referente SZN	S. Stefanni	
Referente OGS	G. Siena	
Referente CIBM	A.M. De Biasi	
Referente UNIVPM	E. Fanelli	
Referente CONISMA-UNIVPM	F. Regoli	
Referente Ambiente S.p.A.	P. Ottoni	

## COMPARTO COLONNA D'ACQUA

P. Polidori	CNR-IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare associate alle indagini lungo la colonna d'acqua
G. Siena	OGS	Responsabile Scientifico comparto colonna d'acqua
G. De Martino	SZN	Campionamento in mare
G. Zazo	SZN	Campionamento in mare
P. Ottoni	Ambiente S.p.A.	Project Manager
F. Pieretti	Ambiente S.p.A.	Responsabile qualità
L. Boschetti	Ambiente S.p.A.	Reportistica
R. Contarino	Ambiente S.p.A.	Responsabile di Laboratorio
V. Cardin	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
L. Urbini	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
F. Relitti	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
C. Balestra	SZN	Analisi clorofille
A. Buondonno	SZN	Analisi clorofille
A. Passarelli	SZN	Elaborazione dati clorofille
F. Margiotta	SZN	Elaborazione dati clorofille
M. Saggiomo	SZN	Analisi, elaborazione e validazione dati, stesura relazione clorofille
M. Borghini	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria
P. Celentano	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria

## COMPARTO SEDIMENTI

A.M. De Biasi	CIBM	Responsabile Scientifico comparto sedimenti
G. Bontà Pittaluga	CIBM	Responsabile settore chimico
L. Kozinkova	CIBM	Responsabile analisi ecotossicologiche
G. Giuliani	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
G. Canduci	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
M. Scanu	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
E.N. Armelloni	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
F. Masnadi	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
E. Nepote	UNIVPM	Campionamento in mare
S. Dell'Ira	CIBM	Analisi chimiche
C. Manzini	CIBM	Analisi chimiche
O. Spinelli	CIBM	Analisi chimiche
S. Polese	CIBM	Analisi di laboratorio
S. Lippi	CIBM	Stesura relazioni

## ANALISI IN MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

P. Ottoni	Ambiente S.p.A.	Project Manager
F. Pieretti	Ambiente S.p.A.	Responsabile qualità



L. Boschetti	Ambiente S.p.A.	Reportistica
R. Contarino	Ambiente S.p.A.	Responsabile di Laboratorio
F. Regoli	CONISMA-UNIVPM	Responsabile Scientifico analisi biomarker e stesura relazione biomarker e bioaccumulo
S. Gorbi	CONISMA-UNIVPM	Analisi biomarker e stesura relazione biomarker e bioaccumulo
M. Benedetti	CONISMA-UNIVPM	Analisi biomarker e stesura relazione biomarker
D. Fattorini	CONISMA-UNIVPM	Relazione scientifica bioaccumulo
G. D'Errico	CONISMA-UNIVPM	Stesura relazione biomarker e bioaccumulo

### ANALISI COMUNITA' BENTONICHE

V. Salvalaggio	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati, campionamento in mare, sorting e identificazione
G. Giuliani	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
G. Canduci	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
M. Scanu	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
E.N. Armelloni	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
F. Masnadi	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
E. Nepote	UNIVPM	Campionamento in mare
T. Manarini	CNR-IRBIM	Sorting e identificazione
L. Montagnini	CNR-IRBIM	Campionamento in mare, sorting e identificazione
A. Spagnolo	CNR-IRBIM	Elaborazione dati e Stesura relazione
P. Fasciglione	SZN	Sorting e identificazione
R. Guglielmo	SZN	Sorting e identificazione
F. Di Nuzzo	SZN	Sorting e identificazione
S. Ciancimino	SZN	Sorting e identificazione
S. Fioretti	SZN	Sorting e identificazione
A. Cannavacciuolo	SZN	Sorting
A. Chiarore	SZN	Sorting
I. Annona	SZN	Sorting
A. Tarallo	SZN	Sorting
B. Scipione	SZN	Sorting e identificazione

### ANALISI COMUNITA' ITTICA

P. Polidori	CNR-IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare associate ai campionamenti pesca
C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati provenienti dai campionamenti di pesca, stesura relazione
E. N. Armelloni	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
F. Masnadi	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
M. Scanu	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
A.N. Tassetti	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati riguardanti i rilevamenti acustici tramite MBES
A. Minelli	CNR-IRBIM	Analisi ed elaborazione dati rilevamenti acustici e visivi, stesura relazione

### CENSIMENTO MAMMIFERI E RETTILI MARINI

P. Strafella	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati
V. Salvalaggio	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Campionamento in mare

## INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	5
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	5
2.1.1.	CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	5
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	8
2.1.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI .....	8
2.1.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	11
2.1.5.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i> .....	11
2.1.6.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA .....	12
2.1.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO .....	12
2.1.7.1	Campionamenti di pesca .....	12
2.1.7.2	Investigazioni acustiche .....	13
2.1.7.3	Indagini video in prossimità della piattaforma .....	14
2.1.8.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI .....	15
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI .....	15
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	15
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI .....	24
2.2.3.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI .....	29
2.2.3.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i> .....	29
2.2.3.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) .....	30
2.2.3.3	<i>Corophium orientale</i> .....	32
2.2.3.4	<i>Crassostrea gigas</i> .....	33
2.2.4.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i> .....	34
2.2.4.1	Ricerca di metalli pesanti .....	34
2.2.4.2	Biomarker .....	36
2.2.5.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA .....	39
2.2.5.1	Inquinanti organici e inorganici.....	39
2.2.5.2	Biomarker .....	42
2.2.6.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	47
2.2.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	52
2.2.7.1	Campionamenti di pesca .....	51
2.2.7.2	Investigazioni acustiche .....	52
2.2.7.3	Indagini video in prossimità della piattaforma .....	55
3.	RISULTATI.....	56
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	56
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA .....	56
3.1.2.	NUTRIENTI.....	62
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI .....	67
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX .....	71
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO.....	75
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	75
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE .....	79
3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	85
3.3.1.	GRANULOMETRIA .....	85

3.3.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI .....	86
3.3.3.	IDROCARBURI TOTALI.....	89
3.3.4.	METALLI PESANTI.....	90
3.4.4.1	Estrazione sequenziale del bario .....	94
3.3.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	94
3.3.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC) .....	95
3.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	97
3.4.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i> .....	97
3.4.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	97
3.4.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i> .....	98
3.4.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i> .....	99
3.5.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i> .....	102
3.5.1.	RICERCA DI METALLI PESANTI.....	103
3.5.2.	BIOMARKER.....	105
3.5.2.1	Micronuclei .....	105
3.5.2.2	Determinazione dell'attività di catalasi .....	107
3.5.2.3	Determinazione dell'attività della glutatione transferasi.....	108
3.5.2.4	Stabilità delle membrane lisosomiali.....	109
3.5.2.5	Determinazione dell'attività mitocondriale .....	110
3.5.2.6	Livelli di metallotioneine .....	111
3.5.2.7	Valutazione dei composti aromatici per via immuno- fluorescente.....	111
3.6.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	113
3.6.1.	INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI .....	113
3.6.1.1	Materia organica estratta (MOE).....	113
3.6.1.2	Idrocarburi Alifatici (IA).....	113
3.6.1.3	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	115
3.6.1.4	Metalli pesanti .....	117
3.6.2.	BIOMARKER.....	119
3.6.2.1	Stress on stress.....	119
3.6.2.2	Micronuclei .....	119
3.6.2.3	Valutazione del contenuto di lipofusina .....	120
3.6.2.4	Valutazione del contenuto di lipidi neutri .....	120
3.6.2.5	Stabilità delle membrane lisosomiali.....	121
3.6.2.6	Attività della Catalasi .....	122
3.6.2.7	Livelli di Malondialdeide .....	122
3.6.2.8	Livelli di Metallotioneine .....	123
3.6.2.9	Livelli di mRNA delle metallotioneine mt10 e mt20 .....	123
3.7.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	125
3.7.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P) .....	125
3.7.2.	AFFINITÀ BIOECOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE .....	138
3.7.3.	DOMINANZA .....	138
3.7.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S) .....	140
3.7.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S <sub>M</sub> ) .....	141
3.7.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H')	142
3.7.7.	MUTIDIMENSIONAL SCALING (MDS) .....	143
3.7.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE .....	145
3.7.8.1	Indice W di Clarke .....	145
3.7.8.2	Indice AMBI.....	145
3.7.8.3	Indice BENTIX .....	146
3.7.8.4	Stato ecologico .....	147
3.7.9.	<i>MYTILUS GALLOPROVINCIALIS</i> .....	147

3.8.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	148
3.8.1.	CAMPIONAMENTI DI PESCA .....	148
3.8.1.1	Ricchezza specifica (S) e diversità specifica (H') .....	148
3.8.1.2	Rendimenti di pesca e composizione delle catture .....	151
3.8.1.3	Affinità delle specie catturate con i substrati duri .....	154
3.8.2.	INVESTIGAZIONI ACUSTICHE .....	155
3.8.3.	INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA.....	171
3.9.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI .....	174
4.	CONCLUSIONI.....	175
5.	BIBLIOGRAFIA .....	184
ALLEGATO A	Strumentazione utilizzata nelle indagini.....	i
- ALL. A1	Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua .....	ii
- ALL. A2	Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti .....	xi
- ALL. A3	Indagini sulla comunità bentonica .....	xvii
- ALL. A4	Indagini sul popolamento ittico .....	xx
- ALL. A5	Indagini in <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	xxiv
ALLEGATO B	Schede granulometriche dei siti posti lungo i transetti A e B e dei Controlli K1 – K4. 7° survey post lavori (inverno 2019) .....	xxxiii

## 1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 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 Clara NW della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Calipso. Tale monitoraggio nel 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, UNIVPM e Ambiente S.p.A. di Carrara.

Clara NW è installata in Adriatico centrale, a circa 45 km in direzione Est dalla costa marchigiana al largo di Ancona su un fondale siltoso di circa 75 m. La condotta collegante le piattaforme Clara NW e Calipso si estende per circa 13 km in direzione ESE-WNW e ricade nella stessa fascia sedimentologica di Clara NW.

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 maniera consistente dalla circolazione generale dell'Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Tuttavia, in alcuni periodi dell'anno può essere soggetta a un maggiore idrodinamismo dovuto al passaggio sul fondo di acque dense formatesi nel Nord Adriatico durante la stagione invernale con proprietà chimico-fisiche differenti da quelle presenti in zona e che possono modificare le caratteristiche biogeochimiche e la distribuzione spaziale dei sedimenti. La parte più superficiale, vista l'ubicazione della piattaforma, può essere interessata da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti nella parte più superficiale della colonna d'acqua (10-20 m). Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte e/o tuttora in corso dal CNR-IRBIM presso analoghe strutture situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; 2019a; 2020; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2020b) e delle prescrizioni dell'ARPAM, per quanto concerne la piattaforma si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua (correnti, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, inquinanti, ecc.);



2. caratteristiche delle comunità fito- e zooplanctoniche (come da indicazioni ARPAM del 06/02/2015, Prot. 003920);
3. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante;
4. ecotossicologia dei sedimenti circostanti;
5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti;
6. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*);
7. analisi di inquinanti e di biomarkers in organismi marini insediati sulle parti sommerse della piattaforma (*Mytilus galloprovincialis*);
8. evoluzione del popolamento ittico;
9. rilevamento del passaggio di cetacei.

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

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

della durata dei lavori;

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

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

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

Nel presente rapporto sono descritti i risultati conseguiti per la piattaforma Clara NW nel 1° semestre del 4° anno post lavori di installazione (2019).

**Tab. 1-I** – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale presso la piattaforma Clara NW. In verde le fasi di monitoraggio concluse; in giallo quelle ancora in essere.

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

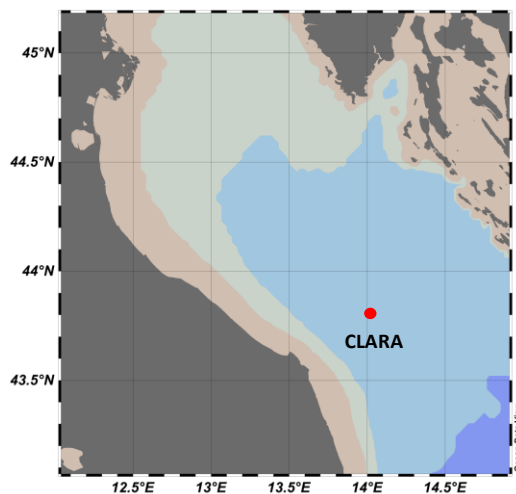
\* Monitoraggio in continuo da parte di operatori MMO (rif. DM punto A.7-a)

\*\* Incluso nella fase di Esercizio

## 2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Clara NW è ubicata a circa 45 km al largo di Ancona a una profondità di circa 75 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.

I lavori di messa in opera sono iniziati nel maggio 2015 e sono terminati a fine dicembre dello stesso anno.



**Fig. 2.1** - Ubicazione della piattaforma Clara NW.

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

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Clara NW	43° 48' 07,723''N 14° 01' 23,862''E

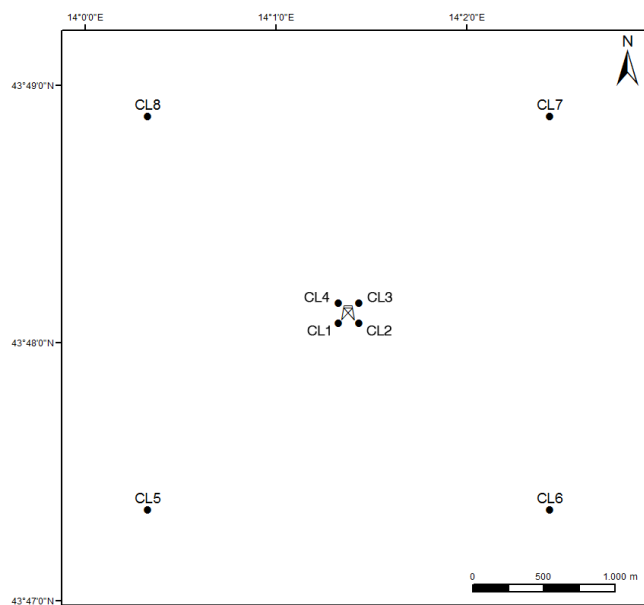
### 2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

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

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nel primo semestre del 4° anno di produzione (2019) sono stati condotti 2 survey (febbraio e maggio). Non è stato possibile effettuare la campagna prevista per il mese di marzo a causa delle avverse condizioni meteomarine.

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

In tutte le stazioni sono stati misurati parametri in continuo mediante una sonda multiparametrica SEA-BIRD modello SBE 911plus CTD (All. A1-I) che, in aggiunta ai sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, è stata equipaggiata con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto, ed un fluorimetro/turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a* e per la determinazione simultanea del particolato sospeso (TSM), attraverso misure di retrodiffusione (backscattering). Completa la dotazione un altimetro Teledyne Benthos PSA-916, per l'utilizzo in sicurezza della sonda in prossimità del fondale. La sonda è stata sottoposta a calibrazione presso il laboratorio del Centro di Taratura e Metrologia Oceanografica (CTMO) dell'OGS per i parametri di temperatura e conducibilità prima di iniziare il monitoraggio. Ulteriori calibrazioni sono previste ogni 4 mesi di attività. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con i campioni raccolti *in situ* durante ogni campagna e analizzati rispettivamente 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 24 serie di dati al secondo (24 Hz).



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

**Tab. 2-II** - Coordinate geografiche dei siti di campionamento utilizzati per le indagini idrologiche.

Nome Stazione	Distanza da Clara NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche
CL1	100	SW	43° 48' 05"N 14° 10' 21"E
CL2	100	SE	43° 48' 05"N 14° 10' 27"E
CL3	100	NE	43° 48' 10"N 14° 10' 27"E
CL4	100	NW	43° 48' 10"N 14° 10' 21"E
CL5	2000	SW	43° 47' 21"N 14° 00' 21"E
CL6	2000	SE	43° 47' 22"N 14° 20' 28"E
CL7	2000	NE	43° 48' 54"N 14° 20' 26"E
CL8	2000	NW	43° 48' 53"N 14° 00' 20"E

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

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

Per ogni stazione del piano di campionamento sono stati effettuati profili verticali mediante sonda Sea-Bird Electronics mod. SBE9 plus. Sono stati inoltre prelevati campioni di acqua a 4 quote (superficie, -20 m, -40 m e fondo), mediante campionatore mod. SBE32 Carousel Water Sampler ("rosette"), equipaggiato con bottiglie OceanTest Equipment, mod. 110B, da 5 l (All. A1-I). Sui campioni prelevati 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 (IA);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);



- glicole etilenico.

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

### **2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE**

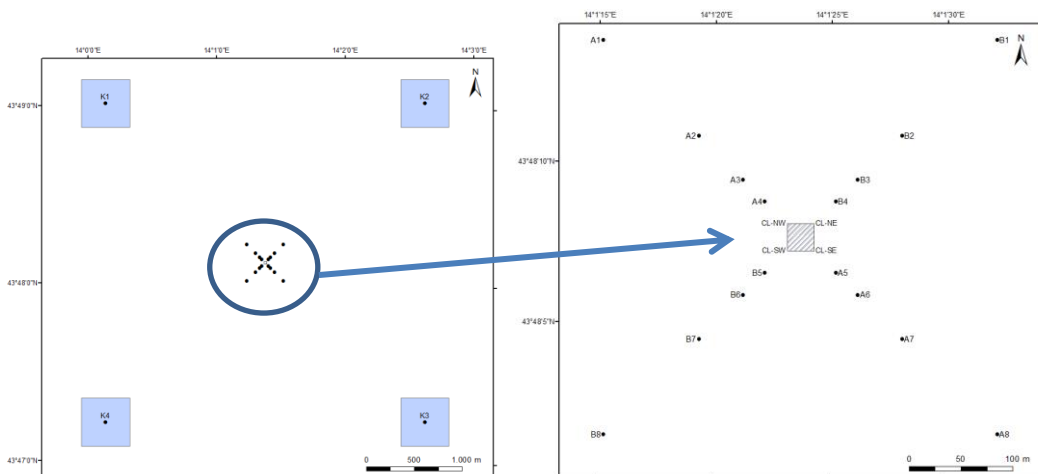
È stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di Clara NW (coordinate dell'ormeggio: 43°48,150'N, 14°01,436'E) a circa 75 m di profondità. Tale ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A1-II) del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg. Tale strumento è stato periodicamente controllato e i dati sono stati scaricati. Il correntometro acustico (ADCP), oltre a registrare 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 effettuare registrazioni ogni ora in 20 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. Sono stati registrati dati per l'intero semestre, dal 01 gennaio al 30 giugno 2019.

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

Nel 1° semestre 2019 è stato condotto il 7° survey post lavori di installazione. Come precedentemente i prelievi hanno interessato un'area di circa 2000x2000 m all'interno della quale sono state posizionate 20 stazioni lungo due transetti ortogonali tra loro e aventi come punto di intersezione la piattaforma stessa (fig. 2.3).

Il primo transetto (transetto A) è stato orientato da NW verso SE e il secondo (transetto B) da NE verso SW, ortogonalmente alla linea di costa. Le stazioni sono state poste a distanze crescenti dalla struttura (<5 m, 30 m, 60 m, 120 m, 250 m). Sono stati campionati anche 4 siti di controllo posizionati in modo random all'interno di aree (500x500 m) situate a circa 2000 m dalla struttura.

In Tab. 2-III sono riportate la distanza dal punto "Clara NW", la posizione geografica e la profondità di ciascuna stazione campionata nell'inverno 2019.



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

**Tab. 2-III** - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 7° survey post lavori di installazione per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Clara NW.

	Distanza dal sito Bonaccia NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A1	250	NW	43°48'291N 14°01'247E	75,1
A2	120	NW	43°48'219N 14°01'349E	75,1
A3	60	NW	43°48'203N 14°01'347E	75,1
A4	30	NW	43°48'198N 14°01'361E	75,2
CL NW	0	NW	43°48'198N 14°01'374E	75,3
CL SE	0	SE	43°48'161N 14°01'413E	75,6
A5	30	SE	43°48'157N 14°01'422E	75,2
A6	60	SE	43°48'137N 14°01'434E	75,1
A7	120	SE	43°48'111N 14°01'452E	75,2
A8	250	SE	43°48'044N 14°01'519E	75,3
B1	250	NE	43°48'335N 14°01'415E	75,3
B2	120	NE	43°48'242N 14°01'426E	75,1
B3	60	NE	43°48'202N 14°01'398E	75,1
B4	30	NE	43°48'187N 14°01'413E	75,2
CL NE	0	NE	43°48'178N 14°01'406E	75,6
CL SW	0	SW	43°48'163N 14°01'371E	75,3
B5	30	SW	43°48'143N 14°01'357E	75,2
B6	60	SW	43°48'146N 14°01'359E	75,2
B7	120	SW	43°48'125N 14°01'309E	75,1
B8	250	SW	43°48'052N 14°01'272E	75,2
K1	2000	NW	43°48'988N 14°00'372E	75,1
K2	2000	NE	43°48'951N 14°02'449E	75,9
K3	2000	SE	43°47'540N 14°02'399E	75,7
K4	2000	SW	43°47'456N 14°00'288E	75,7

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



In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

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

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

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

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



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

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



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

#### **2.1.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI**

Sino all'estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019b) questa tipologia di indagine è stata condotta presso le stazioni di campionamento CL SE, A3, B3, A6, B6, K1, K2, K3 e K4 (fig. 2.3). A partire dall'inverno 2019 si è ritenuto opportuno ampliare l'indagine inserendo anche gli altri 3 siti CL (CL NW, SE, CL SW e CL NE) e le 4 stazioni posizionate a 30 m di distanza (A4, A5, B4 e B5). I campioni di sedimento sono stati prelevati mediante benna Van-Veen in aliquote adeguate per lo svolgimento dei seguenti saggi ecotossicologici:

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

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. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR***

Nelle medesime stazioni di campionamento utilizzate per i saggi biologici su esemplari di *Hediste diversicolor* sono state anche condotte prove di bioaccumulo di metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco) come effettuato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b). Nell'inverno 2019 è stata anche applicata una batteria di biomarker. I campioni di sedimento da utilizzare sono stati trattati con le stesse modalità descritte nel Capitolo precedente.

## 2.1.6. INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA

Nel 1° semestre 2019 i campioni sono stati prelevati vicino gli anodi sacrificali e lontano da essi, oltre che da un impianto di mitilicoltura situato al largo di Senigallia (AN) in un'area di mare aperto. Quest'ultimo campione è considerato come controllo.

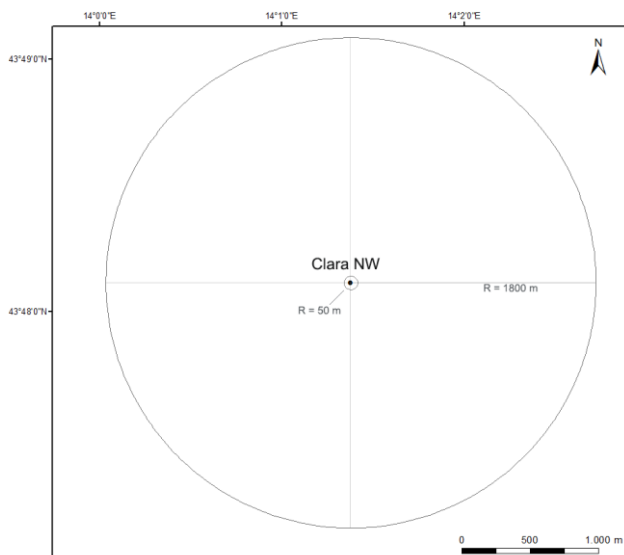
Le taglie medie degli esemplari prelevati nell'inverno 2019 dai due siti della piattaforma e al controllo (lunghezza della conchiglia  $\pm$  dev.st) sono state le seguenti:

1. Controllo:  $63,8 \pm 3,4$  mm
2. Vicino anodo:  $53,7 \pm 4,4$  mm
3. Lontano anodo:  $48,5 \pm 4,1$  mm.

## 2.1.7. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

### 2.1.7.1 Campionamenti di pesca

Nel 1° semestre 2019 non è stato possibile effettuare il campionamento di pesca nel mese di marzo a causa delle condizioni meteo-marine avverse. Pertanto sono stati condotti n. 5 campionamenti sia nei pressi della piattaforma Clara NW (entro un raggio di 50 m dalla struttura), sia in due aree di controllo prive di substrati duri naturali o artificiali, situate sulla stessa batimetria della struttura e a una distanza di circa 1800 m, in modo da non essere influenzate dalla sua presenza. I campionamenti presso le due aree di controllo sono stati condotti in due dei quattro quadranti (NW, NE, SW e SE) intorno alla piattaforma, scelti in maniera casuale ad ogni campionamento (fig. 2.6).



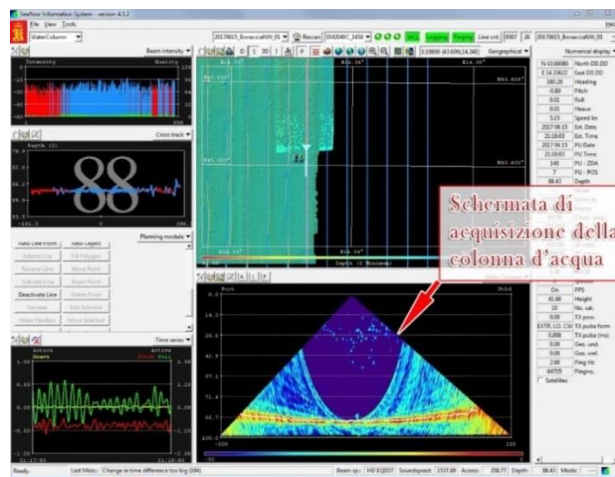
**Fig. 2.6** - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica mediante campionamenti di pesca.

Lo strumento utilizzato è una rete da posta tipo “tremaglio” le cui caratteristiche tecniche sono riportate in All. 4-I.

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

### 2.1.7.2 Investigazioni acustiche

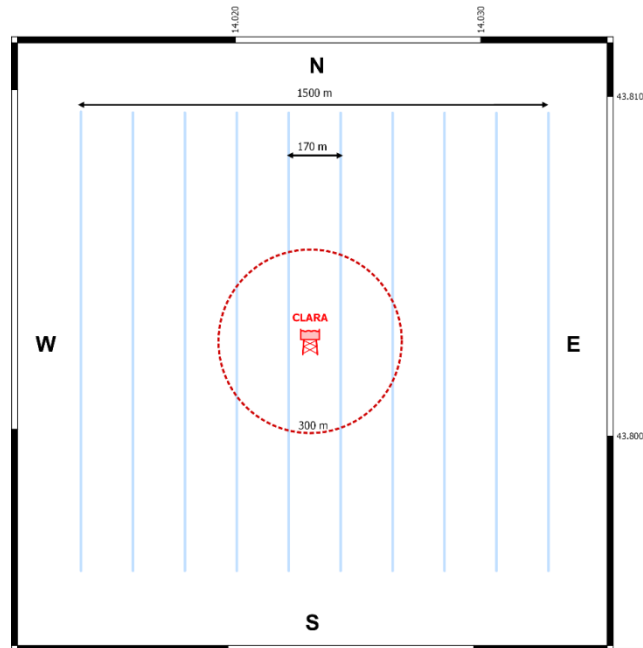
Le investigazioni acustiche, condotte contemporaneamente ai campionamenti di pesca, sono state eseguite con il sistema multibeam echosounder (MBES) Kongsberg EM2040CD (All. A4-II) ad alta risoluzione che lavora a frequenze variabili che possono essere scelte dall’utente in un range che va da 200 a 400 kHz modulabili di 10 in 10. Il sistema, 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.



**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.

La fig. 2.8 illustra lo schema di campionamento adottato durante i survey che è consistito in 10 transetti, di interasse pari a 170 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. 2.8** - Schema di campionamento adottato durante i survey effettuati con MBES. Al centro il simbolo della piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

E' stato campionato digitalmente un totale di 800 beam acustici, creando un'immagine della porzione di massa d'acqua insonificata dal trasduttore. Considerando una profondità media di circa 76 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.

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.

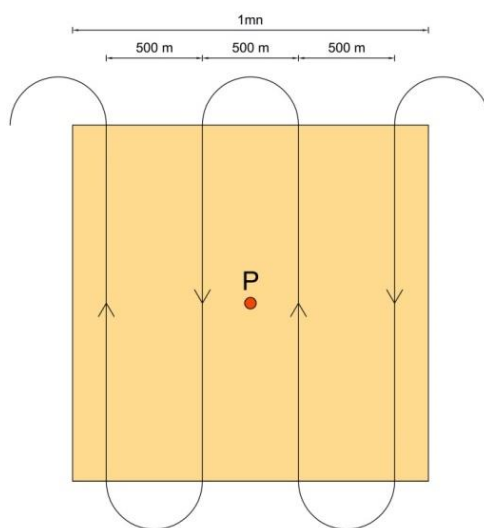
### 2.1.7.3 Indagini video in prossimità della piattaforma

Durante i survey con MBES, ogni qualvolta vi fossero condizioni di buona 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 ( $\geq 200$  m  $\times$   $200$  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.

### 2.1.8. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Gli avvistamenti di cetacei attorno alla piattaforma sono stati effettuati in un'area di circa 1 mn<sup>2</sup> avente al centro il punto Clara NW. All'interno di tale area sono stati tracciati dei transetti distanti circa 500 m l'uno dall'altro e percorsi a una velocità media di 5 nodi (fig. 2.9). Durante il survey due operatori osservavano simultaneamente l'eventuale presenza di cetacei registrandola sul quaderno di campo annotando l'ora, il numero degli esemplari, la loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie. Tali survey sono stati condotti sia nel corso delle campagne di campionamento della colonna d'acqua, dei sedimenti e delle comunità bentonica e ittica, sia durante apposite crociere. Nel semestre sono stati effettuati 3 avvistamenti/mese.



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

## 2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

### 2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per l'acquisizione e la successiva elaborazione dei dati registrati e raccolti tramite la sonda CTD è stato utilizzato un software fornito dalla casa produttrice, seguendo le norme suggerite dall'UNESCO (UNESCO, 1988); le grandezze derivate, come salinità e anomalia

di densità, sono state calcolate secondo gli algoritmi dell'UNESCO (UNESCO, 1983).

Per le elaborazioni grafiche sono stati utilizzati il software Grapher TM Golden Software, Inc., (Vers. 10.5.1011) e il software Ocean Data View (© 2016 Schlitzer - Vers: 4.7.6. – 64bit).

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

**Ossigeno disciolto** - La misura della concentrazione di ossigeno disciolto è stata effettuata mediante titolazione iodometrica secondo il metodo di Winkler (Carpenter, 1965), descritto da Saggiomo *et al.* (2010). Aliquote di acqua (60 ml circa) sono state fissate aggiungendo in rapida successione 0,3 ml di una soluzione di cloruro di manganese e 0,3 ml di una soluzione basica di ioduro di potassio. In tali condizioni, l'ossigeno presente ossida il manganese (II) a Mn (III) e Mn (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio a temperatura ambiente, per un tempo non superiore a 4 h. Al momento della titolazione, 0,5 ml di acido solforico sono stati introdotti nel campione. In un ambiente così acidificato, lo ioduro, ossidato dal manganese a iodio elementare, è complessato dallo ioduro in eccesso per formare  $I_3^-$ . Lo ione complesso  $I_3^-$  è stato titolato con una soluzione di sodio tiosolfato (0,01M), precedentemente standardizzata. La concentrazione del tiosolfato è stata standardizzata con una soluzione standard di iodato di potassio fornita da OSIL (Ocean Scientific International Ltd, United Kingdom). La titolazione potenziometrica automatica è stata effettuata con titolatore Mettler Toledo T50 compact (All. A1-III); la concentrazione di ossigeno disciolto è stata espressa in  $ml\ l^{-1}$ . I risultati delle analisi di ossigeno disciolto effettuate sono stati utilizzati per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

**Sali nutritivi** - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7  $\mu m$ ), precombusti a 450°C per 4 h, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

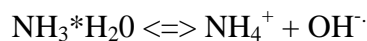
Le determinazioni analitiche sono state eseguite per via colorimetrica, a temperatura ambiente, con un analizzatore a flusso continuo a quattro canali 'Quattro, Seal Analytical'

(All. A1-IV), seguendo le metodologie di Hansen e Koroleff (1999).

La concentrazione dei nitriti ( $\text{NO}_2$ ) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopulazione che produce un composto azotato rosso-violaceo, letto a 520 nm.

I nitrati ( $\text{NO}_3$ ) sono stati ridotti a nitriti su colonna di cadmio e determinati seguendo il metodo descritto per i nitriti.

L'azoto ammoniacale è stato determinato in base alla reazione di Berthelot modificata usando salicilato e dicloroisocianurato, dalla quale si forma un complesso colorato blu-verde, misurato a 660 nm. Nell'acqua marina l'ammoniaca è in equilibrio con l'ammonio in base al seguente equilibrio:



Determinando la forma ammoniacale con questo metodo si determina l'azoto totale, presente sia come ammonio che come ammoniaca.

L'equilibrio tra l'ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) e l'ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ) in soluzioni acquose è funzione della temperatura, del pH e della forza ionica della soluzione (Whitfield, 1974; Khoo *et al.*, 1977). Al pH tipico dell'acqua marina di 8,2, con salinità di 37 e temperatura di 25°C la forma prevalente (95%) è l'ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ) e solo il 5% si trova come ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ). A una temperatura di 10°C il contributo dell'ammoniaca si riduce al 2%. Per questo motivo nei risultati ci si riferisce all'azoto ammoniacale con ammonio ( $\text{NH}_4$ ).

Il fosforo reattivo ( $\text{PO}_4$ ) è stato determinato come ortofosfato in base alla formazione di un complesso fosfomolibdico di colore blu che viene misurato a 880 nm.

I silicati ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) sono stati determinati, in base alla riduzione (in ambiente acido) del silicomolibdato a blu di molibdeno che viene misurato a 820 nm.

I limiti di rilevabilità sono:

- $\text{NO}_2$ : 0,01  $\mu\text{M}$
- $\text{NO}_3$ : 0,02  $\mu\text{M}$
- $\text{NH}_4$ : 0,02  $\mu\text{M}$
- $\text{PO}_4$ : 0,01  $\mu\text{M}$
- $\text{Si}(\text{OH})_4$ : 0,02  $\mu\text{M}$

La qualità dei risultati è garantita dalla partecipazione semestrale ad esercizi di intercalibrazione internazionali (Quasimeme Laboratory Performance Study).

**Pigmenti clorofilliani** - I campioni per la determinazione delle diverse clorofille sono stati prelevati mediante bottiglie idrologiche e filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro Whatman



GF/F (porosità = 0,7  $\mu\text{m}$ ;  $\text{\O} = 47 \text{ mm}$ ), immediatamente dopo il prelievo, in quantità variabile tra 3 e 4 L, in relazione alla concentrazione del particolato microalgale. Dopo la filtrazione i filtri, posti in crio-vials, sono stati rapidamente congelati in azoto liquido fino al momento delle analisi. La filtrazione è stata effettuata per depressione dove la differenza di pressione fra la parte inferiore e quella superiore del filtro non superava -25 KPa (circa 150 mm Hg) al fine di evitare la rottura delle cellule vegetali con la conseguente perdita di pigmenti.

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography;) Agilent 1100 series (All. A1-V) dotato di Vacuum Degasser; Quaternary Pump; Thermostatted Column Compartment; Detector DAD (photodiode array detector) e Detector Fluorescence. È stata utilizzata una colonna *Hypersil MOS-2* della *Thermo Fisher Scientific* (100 mm x 4,6 mm 3  $\text{\AA}$   $\mu\text{M}$ ). I dati sono stati acquisiti e archiviati tramite PC interfacciato allo strumento mediante software HP ChemStations. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200  $\mu\text{l}$  e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 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 turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

**TSM (solidi sospesi totali)** - I campioni d'acqua per la determinazione dei solidi sospesi totali sono stati filtrati a bordo sotto leggera depressione su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F ( $\text{\O} = 47 \text{ mm}$ ), pre-pesati su bilancia analitica Mettler XP6 e riposti in singoli portafiltri numerati. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a  $-20^{\circ}\text{C}$  fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a  $60^{\circ}\text{C}$  fino a peso costante, su bilancia analitica Mettler XP6, secondo le indicazioni riportate da Strickland e Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combusti è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in  $\text{mg L}^{-1}$ . I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore

di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD per i profili in continuo.

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

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

Parametro	Metodica	UM	LR
<b>Metalli</b>			
Alluminio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Arsenico	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Bario	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Cadmio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Cromo totale	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Ferro	EPA 6020B 2014	µg/l	5
Indio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Mercurio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,05
Nichel	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Piombo	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Rame	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Vanadio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Zinco	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Silicio	EPA 200.7 1994	mg/l	0,01
<b>BTEX</b>			
Benzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Etilbenzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Stirene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Toluene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,05
Xilene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,02
<b>ALTRE SOSTANZE</b>			
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2018	µg/l	0,001
idrocarburi alifatici C10-C32	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg/l	1
Idrocarburi totali (espressi come n-esano)	EPA 5021A 2014 + EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg/l	35
Calcolo			
Glicole monoetilenico	EPA 8015D 2003	mg/l	2,2

**Metalli pesanti** - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con la sigla ICP-MS. Tale tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione del campione e uno spettrometro di massa separa e rileva gli ioni prodotti. La quantificazione avviene mediante confronto con retta di taratura, effettuata subito prima dell'analisi. Il campione viene acidificato con acido nitrico e caricato direttamente sullo strumento tarato. Lo strumento usato è ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT, utilizzato in modalità KED (cella di collisione) (All. A1-VI).

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

Per la misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A1-VII).

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

Per la misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A1-VII).

**Solventi organici aromatici (BTEX)** - La determinazione è stata effettuata mediante gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico ("Purge & trap") e rilevazione tramite spettrometro di massa. Il campione (campionato in vial da 40 ml con tappo in teflon priva di spazio di testa) viene caricato su autocampionatore. Il sistema Purge and

Trap separa gli analiti volatili dalla fase acquosa adsorbendoli ad una trappola. Successivamente la trappola viene riscaldata permettendo il rilascio delle sostanze trattenute che vengono separate mediante gascromatografia e quantificate con spettrometro di massa. La quantificazione viene effettuata confrontando i fattori di risposta ottenuti in fase di taratura, effettuata su almeno 5 livelli.

Lo strumento utilizzato è un Agilent con autocampionatore Centurion, sistema P&T Evolution, GC 7890B, detector MS 5977A con lente Extractor. Colonna montata DB-624 (All. A1-VIII).

**Idrocarburi totali** - Gli idrocarburi totali, relativamente alle acque, sono da intendersi come somma delle due seguenti classi:

- a) i composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) e del n-tetracontano (C<sub>40</sub> H<sub>82</sub>) (frazione estraibile);
- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C<sub>5</sub> H<sub>12</sub>) e n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>12</sub>) inclusi (frazione volatile).

*Analisi frazione volatile:* il metodo è applicabile a una vasta gamma di composti organici che hanno una sufficientemente elevata volatilità 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 a cui è stato aggiunto un modificatore di matrice. 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 favorire l'equilibrio dei composti volatili all'interno con lo spazio di testa presente nella vial. Circa 15 minuti prima dell'analisi, le singole fiale verranno riscaldate e miscelate per vibrazione meccanica tramite l'autocampionatore CTC. L'autocampionatore poi preleverà un ml di volume di spazio di teste tramite linea riscaldata e lo inietterà nella colonna GC. Le analisi sono state eseguite usando un rilevatore FID (Flame Ionization Detector).

Lo strumento utilizzato è un Agilent, con autocampionatore G4513A, Piatto 7693, GC 7890A, FID. La colonna cromatografica montata è ZB-5HT (All. A1-IX).

*Analisi frazione estraibile:* utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0,9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati

aggiunti 40 ml di n-esano. 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).

Gli idrocarburi totali sono determinati sommando le 2 componenti e moltiplicando il risultato per un fattore 1,1 fattore studiato per esprimere il dato come n-esano.

Gli idrocarburi totali sono stati calcolati tramite la regola del lower bound. In caso di addendi tutti inferiori al LOQ si applica il LOQ più alto, mentre in presenza di dati valorizzati anche in uno solo degli analiti il risultato è pari al valore rilevato, anche se questo dovesse risultare inferiore al LOQ di altri addendi costituenti la sommatoria.

Lo strumento utilizzato è un Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B con detector FID, colonna DB-624 (All. A1-IX).

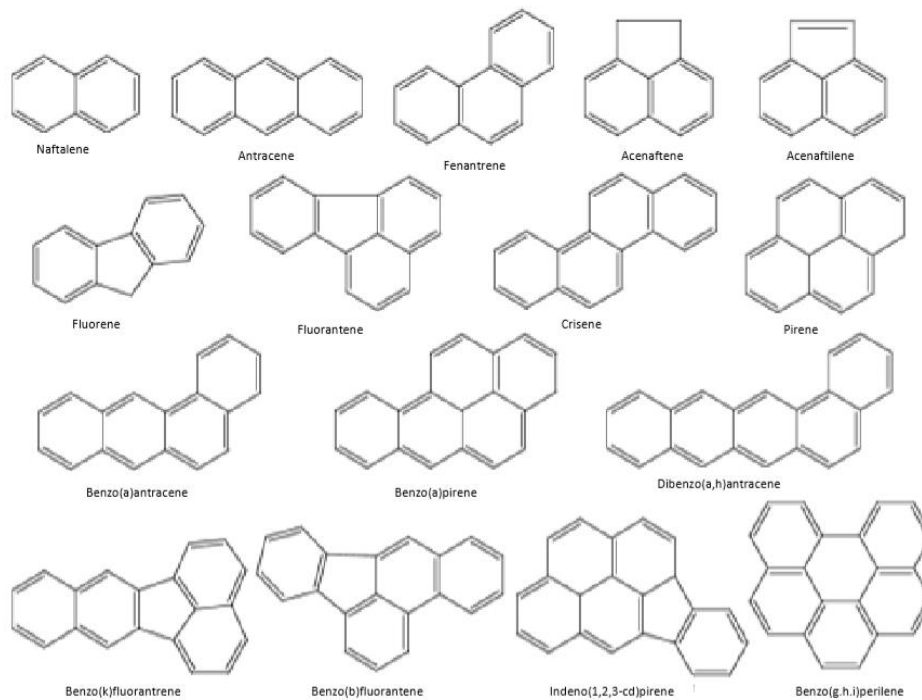
**Idrocarburi Alifatici (IA)** - I campioni di acqua sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli Idrocarburi totali. Gli IA sono stati analizzati mediante gascromatografia accoppiata a rivelatore a fiamma (FID).

L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-alcane fra C12 e C32, e la quantificazione è stata determinata dalle curve di taratura per ciascun composto analizzando cinque standard esterni. I limiti di quantificazione sono in funzione del primo punto di taratura e i campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura.

**Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0.9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. 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 (in toluene) per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rilevatore a spettrometro di massa.

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) (fig. 2.10) è stata determinata con sistema GC-MS/MS.



**Fig. 2.10** – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rilevatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Il limite di rilevabilità è compreso fra 0,0001 e 0,0006  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta con successo. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione

internazionale.

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A1-X).

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

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

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

Per le elaborazioni grafiche sono stati utilizzati il software Grapher™ (Vers. 10.5.1011) della Golden Software, Inc., e il software Ocean Data View (© 2016 Reiner Schlitzer - Vers: 4.7.6).

### 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 105°C per almeno 24-36-48 h in funzione della tipologia del materiale. 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 105°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto ad indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci (All. A2-IV) aventi

dimensioni delle maglie decrescenti (4000  $\mu$ , 2000  $\mu$ , 1000  $\mu$ , 500  $\mu$ , 250  $\mu$ , 125  $\mu$ , 63  $\mu$ ). Una volta terminata la setacciatura sono stati pesati i residui di ogni setaccio ed è stata determinata la percentuale conchigliare presente. I dati così ottenuti sono stati riportati su un diagramma semilogaritmico e uniti mediante la cosiddetta “curva granulometrica”.

Le peliti (materiale inferiore a 63  $\mu$ ) sono state fatte decantare ed essiccare in stufa a 105°C sino a completa evaporazione. E' stata quindi eseguita l'aerometria mediante l'utilizzo di un densimetro (All. A2-V) per sedimenti 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 ad un dato istante è funzione della qualità del prodotto solido non ancora depositato.

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

La mineralizzazione dei campioni è stata effettuata su circa 0,3 g di sostanza secca, mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, aggiungendo a 3 ml di HNO<sub>3</sub>, 1 ml di HCl e 4 ml di H<sub>2</sub>O.

Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua ultrapura. Gli acidi impiegati sono tutti rigorosamente ultrapuri. L'analisi per la determinazione del **mercurio** è stata condotta mediante tecnica AAS previa decomposizione termica ed amalgamazione (DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio FKV; All. A2-VI) seguendo la metodica EPA7473. 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-VII), secondo la procedura EPA7010.

Le concentrazioni di **alluminio**, **bario**, **cromo**, **nichel**, **rame**, **vanadio** e **zinco** sono state ottenute mediante tecnica ICP-AES (Varian ICP-720ES; All. A2-VIII) seguendo la metodica EPA6010C.

La mineralizzazione del campione di sedimento è stata effettuata su circa 0,45 g di sostanza secca mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente



programmato, utilizzando una miscela acida composta da 9 ml di HNO<sub>3</sub>, 3 ml di HCl (acidi concentrati). Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua Millipore.

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	Hg	Ni	Pb	V	Zn
Accuratezza (minima accettabilità del recupero)	25%	25%	25%	30%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Incertezza (%)	21	25	25	25	21	20	20	20	21	20	20
LOQ (mg/kg)	170	0,3	1,2	0,02	1,2	1,2	0,005	1,2	0,3	1,2	1,2
LOD (mg/kg)	5	0,07	0,2	0,002	0,04	0,12	0,002	0,25	0,07	0,07	0,6

**Estrazione sequenziale dei metalli** - Tale estrazione viene effettuata sui metalli per i quali esiste un Materiale di Riferimento Certificato nei casi in cui le loro concentrazioni siano superiori al doppio del Livello Chimico di Riferimento Nazionale (DM 173/2016) e sul bario, anche se per questo metallo non esistono materiali certificati; in questo caso l'analisi viene effettuata qualora i tenori osservati siano almeno il doppio della concentrazione media rilevata durante il pre-survey.

L'estrazione sequenziale è una procedura analitica con la quale si determinano le frazioni di metalli presenti nei sedimenti suddivise in base alla capacità di essere estratte da soluzioni con caratteristiche chimico-fisiche diverse (pH, potenziale REDOX, salinità) allo scopo di stimare la parte potenzialmente biodisponibile dei metalli stessi, quella cioè che può essere mobilizzata e rilasciata nell'ambiente in seguito a modificazioni dei suddetti parametri.

Fra le procedure di estrazione sequenziale reperibili in letteratura, è stato scelto il protocollo a tre step del BCR.

I tre step previsti dalla procedura BCR consentono di determinare la percentuale di metalli presenti come frazione scambiabile e legata ai carbonati, come frazione legata agli ossidi di ferro e manganese e come frazione legata alla sostanza organica. Queste tre frazioni, sommate, rappresentano una stima affidabile della frazione di metalli di origine antropica e biodisponibile.

Di seguito sono descritte brevemente le frazioni determinate in ciascuno dei tre step.

Step 1: *frazione scambiabile e legata ai carbonati.* Le argille, gli ossidi idrati di Fe e Mn e gli acidi umici sono in grado di adsorbire i metalli in tracce; cambiamenti della composizione ionica delle acque, come quelli che si verificano ad esempio negli estuari, possono facilitare il rilascio dei metalli adsorbiti. Una percentuale significativa dei metalli presenti nei sedimenti si trova associata ai carbonati; questa frazione è particolarmente sensibile ai cambiamenti di pH.

Step 2: *frazione legata agli ossidi di Fe e Mn.* Questi ossidi sono presenti sotto forma di noduli, concrezioni o semplicemente come rivestimento delle particelle di sedimento; sono “trappole” eccellenti per i metalli in tracce e sono termodinamicamente instabili in condizioni anossiche (bassi valori del potenziale di ossido-riduzione).

Step 3: *frazione legata alla sostanza organica e ai solfuri.* I metalli si possono legare a varie forme di sostanza organica, attraverso processi di complessazione con composti come gli acidi umici e fulvici o fenomeni come il bioaccumulo da parte degli organismi viventi. In condizioni ossidanti la sostanza organica viene degradata con conseguente rilascio e solubilizzazione dei metalli.

Dopo la separazione delle prime tre frazioni, la parte residua rappresenta la frazione di metalli legata strettamente alla matrice, compresa la frazione legata ai silicati che può essere rilasciata solo in seguito ad attacco acido. Si ritiene che, in condizioni naturali, questi metalli non possano essere rilasciati dalla matrice e divenire disponibili all'interazione con gli organismi. Nella frazione residua potrebbero però essere presenti anche sostanze di origine antropica difficilmente attaccabili da agenti naturali.

L'estrazione sequenziale è stata validata da BCR per i seguenti metalli: cadmio, cromo totale, rame, nichel, piombo e zinco (per i quali esiste un Materiale di Riferimento Certificato), ma può essere applicata anche ad arsenico e bario.

Per le analisi di ciascuna fase estratta, nonché del sedimento tal quale e del residuo dopo le estrazioni, viene utilizzato uno spettrometro di emissione a plasma Agilent 5110 VDV (All. A2-IX) secondo EPA6010D.

La mineralizzazione dei campioni solidi (tal quale e residuo) viene effettuata seguendo il metodo EPA3051A, mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, aggiungendo a 9 ml di HNO<sub>3</sub> e 3 ml di HCl.

I limiti di quantificazione sono stati calcolati riferendosi alla concentrazione della soluzione standard utilizzata come primo punto della retta di calibrazione alle condizioni

operative della procedura (peso iniziale del campione, volume finale delle soluzioni estraenti). Vengono utilizzati reagenti di grado analitico e vetreria decontaminata in  $\text{HNO}_3$  al 10% per 24 h e poi sciacquata in acqua ultrapura. La precisione e l'accuratezza della procedura analitica vengono valutate confrontando la somma degli estratti con la concentrazione totale iniziale e l'efficacia delle fasi estrattive viene valutata analizzando come materiale certificato BCR 701. Al termine della mineralizzazione i campioni vengono filtrati e portati ad un volume finale di 25 ml utilizzando acqua ultrapura. Gli acidi impiegati sono tutti di grado analitico. L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni tal quali viene verificata impiegando come materiale standard di riferimento certificato il BCR320R.

La procedura di estrazione sequenziale viene applicata ai sedimenti precedentemente seccati in stufa (All. A2-III) a  $40^\circ\text{C}$  fino a peso costante e omogeneizzati in mortaio di ceramica, eliminando manualmente il materiale grossolano eventualmente presente.

La prima frazione viene estratta con una soluzione di acido acetico 0,11M, la seconda con una soluzione di idrossilammina cloridrato 0,5M acidificata con  $\text{HNO}_3$  e la terza in acetato di ammonio 1M previo trattamento con acqua ossigenata 8,8M a temperatura ambiente.

I primi due step sono condotti in agitazione continua a temperatura ambiente per 16 h.

Nel terzo step i sedimenti sono lasciati per 1 h a temperatura ambiente in acqua ossigenata e successivamente trasferiti per 2 h in bagno termostato a  $85^\circ\text{C}$ ; infine viene aggiunta la soluzione di acetato di ammonio e i campioni sono stati lasciati in agitazione continua a temperatura ambiente per 16 h.

Alla fine della procedura di estrazione sequenziale viene calcolata la somma delle frazioni estratte (potenzialmente biodisponibili) e, per differenza con la concentrazione iniziale sul tal quale, viene calcolato il residuo (non biodisponibile).

La procedura di estrazione sequenziale ha un ruolo importante nel caso di superamento dei limiti di legge, per stimare l'effettiva contaminazione ambientale.

Il criterio che è stato scelto per l'effettuazione del test è il superamento del DOPPIO del limite L1 del DM 173/2016 e, per il bario, la presenza di concentrazioni pari almeno al DOPPIO della concentrazione media rilevata durante il pre-survey.

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

costante.

## 2.2.3. INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE 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-E1. Il saggio consiste nell'esposizione di una quantità definita di clone algale in condizioni di crescita esponenziale a diverse diluizioni di campione (nella fattispecie elutriato) e al controllo negativo costituito da sola acqua marina artificiale. Prima dell'inoculo del clone algale, tutti i trattamenti, compreso il controllo, sono stati arricchiti con macro- e micronutrienti secondo le specifiche riportate in EPA/600/R-95/136.

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.

Esecuzione del saggio – Il saggio con *D. tertiolecta* è stato condotto in triplicato, effettuando 5 diluizioni a partire dal campione tal quale; come supporto sono state utilizzate piastre sterili di polistirene da 24 pozzetti della capacità di 3 ml ciascuno. Parallelamente, per ogni piastra è stato eseguito anche un test con un controllo negativo costituito da acqua di diluizione (acqua di mare ISO a cui sono state aggiunte concentrazioni note di nutrienti). A ciascuna diluizione e al controllo è stata aggiunta una concentrazione nota di clone algale in rapporto di 1:1000. Una volta inoculato il clone algale (concentrazione iniziale  $2 \times 10^3$  cellule/ml), le piastre sono state trasferite per 72 h in camera fitologica a condizioni di temperatura e luminosità controllate ( $T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ , luminosità  $< 10000$  lux). Al termine dell'esposizione è stata verificata la crescita algale nel campione, espressa come densità algale, mediante lettura al Coulter Counter; si è proceduto quindi al conteggio delle tre repliche del campione tal quale e del controllo e al loro confronto statistico, per verificare eventuali aumenti o diminuzioni significative della crescita algale nel campione rispetto al controllo e procedere eventualmente alla lettura delle altre diluizioni.

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio possono essere riportati come percentuale di inibizione della crescita algale e, qualora la tossicità del campione lo consenta, in termini di  $EC_{50}$  o  $EC_{20}$ . L' $EC_{50}$  e l' $EC_{20}$  si calcolano utilizzando il foglio Excel

sviluppato dalla DTU (Danmarks Tekniske Universitet) denominato “KOK457T3” che utilizza i programmi statistici LOG457.EXE e LOG457W.EXE elaborati per la determinazione della relazione concentrazione-effetto in endpoint continui (Christensen *et al.*, 2009).

Sulla base dei risultati espressi in termini di inibizione/stimolazione della crescita e dell’analisi statistica del dato eco-tossicologico (eseguita secondo lo schema EPA/600/4-91/002), i risultati del saggio possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

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

QA/QC - La sensibilità di ogni clone algale impiegato per i test con i campioni di elutriato è stata verificata mediante il test di controllo positivo eseguito con bicromato di potassio il cui risultato, espresso come EC<sub>50</sub>, è stato confrontato con i dati della carta di controllo del laboratorio il cui intervallo è compreso tra 6,2 e 8,9 mg/l come cromo; altri parametri che devono essere rispettati affinché il test sia considerato valido sono:

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

### **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.

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. È 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. $\leq 3$	$3 < \text{S.T.I.} \leq 6$	$6 < \text{S.T.I.} \leq 12$	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).

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

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

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

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

Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg/l  $\text{CdCl}_2$ .

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

dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità,  $\text{NH}_4^+$  e ossigeno disciolto.

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

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



impiegando un microscopio ottico invertito.

**QA-QC** - La sensibilità di ogni batch di *C. gigas* è stata valutata mediante l'esecuzione del test con sostanza di riferimento (Cu); i risultati di tale test devono rientrare nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5-33 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 EC<sub>50</sub>, qualora la distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC<sub>50</sub> sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione  $TU = 100 / EC_{50}$ . Al dato di tossicità è stato associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-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	S > 50
50 < S ≤ TL	Bassa		
1 ≤ TU < 2	Media	Semiscala delle T.U.	S ≤ 50
2 ≤ TU < 4	Alta		
TU ≥ 4	Molto alta		

Dove:

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

TL = Toxicity limit = Controllo · 90% del controllo

## 2.2.4. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

### 2.2.4.1 Ricerca di metalli pesanti

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

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 cm<sup>3</sup> di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata (36±2‰). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e aerati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di 16±2°C, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

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

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

$$D = (C_e - C_b) \cdot 100$$

dove:

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

**C<sub>b</sub>** - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi prima della loro esposizione ai sedimenti testati (bianco);

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

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

#### 2.2.4.2 Biomarker

Sono stati ricercati i seguenti biomarker:

- Micronuclei;
- Catalasi;
- Glutazione transferasi;
- Stabilità lisosomiale;
- Attività mitocondriale;
- Metallotioneine;
- Immunolocalizzazione di IPA.

**Estrusione delle cellule** - I policheti sono stati collocati singolarmente in falcon da 15 ml contenenti 10 ml di soluzione bilanciata di Hanks addizionata con 0,25% di EDTA e 5% etanolo assoluto mantenuta a + 4C° per 5'. Sono stati quindi successivamente prelevati e la soluzione con le cellule estratte centrifugata a 100 g x 2' a 4°C per eliminare eventuali particelle solide; il surnatante una volta trasferito è stato ricentrifugato alle medesime condizioni ma a 500 g. Il surnatante è stato quindi eliminato e il pellet risospeso nuovamente in 200 µl di soluzione di Hanks contenente 0,25% di EDTA ma non EtOH. Il preparato cellulare così realizzato è stato distribuito in due spot da 50 µl in vetrini puliti pre-polilisinati e collocati in camere umide per le successive analisi.

**Frequenze di micronuclei** - I preparati cellulari ottenuti eseguendo il protocollo di estrazione sono stati fissati in soluzione metanolo acido acetico (3:1), addizionando 500 µl di estratto cellulare a 500 µl di fissativo e lasciando incubare in ghiaccio per 20'.

Il preparato è stato centrifugato a 500 g per 5'. Il surnatante è stato eliminato e il pellet risospeso in 500 µl di soluzione metanolo: acido acetico (3:1). I preparati sono stati spottati su vetrino in volume di 20 µl a spot. Una volta evaporato il solvente, i preparati sono stati colorati per 10' con colorante di Giemsa (5%). Successivamente, i vetrini sono stati sciacquati due volte in acqua MilliQ, montati in DPX e osservati al microscopio invertito con olio per immersione con obiettivo 100X.

Elaborazioni dei dati - Sono state conteggiate circa 2000 cellule a vetrino e il risultato è stato espresso come: Frequenza di micronuclei (‰) = n

**Valutazione dell'attività dell'enzima catalasi** - La valutazione è stata effettuata per via spettrofotometrica secondo il metodo di Bouraoui *et al.* (2009) misurando il tasso di decomposizione dell'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sulla base della diminuzione dell'assorbanza osservata alla

lunghezza d'onda di 240 nm.

I tessuti relativi a tre organismi sono stati omogenati in ghiaccio in tampone fosfato 1:5 w/v (0,1M, pH 7,5 a 25 °C, NaCl 2,5%,w/v) e centrifugati a 9000 g per 40' a 4°C. 50 µl di surnatante ottenuto è stato prelevato e aggiunto a 200 µl di soluzione 0,5M di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 750 µl di tampone fosfato.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati espressi come nmoli di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> consumata/min/mg proteine.

**Glutazione transferasi** - La valutazione è stata effettuata per via spettrofotometrica secondo il metodo Durou *et al.* (2007) misurando il tasso di coniugazione del substrato 1 cloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) osservato alla lunghezza d'onda di 340 nm. I tessuti relativi a tre organismi sono stati omogenati in ghiaccio in tampone TRIS 1:5 w/v (0,50 mM, pH 7,4 a 25 °C, 150 mM) e 1 mM ditioretiolo (DTT) e leupeptina e centrifugati a 9000 g per 30' a 4°C.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati espressi come nmoli di CDNB consumata/min/mg proteine.

**Stabilità lisosomiale** - Il test, condotto seguendo la metodica di Lowe e Pipe (1994), prevede la realizzazione di due vetrini per individuo e tre individui per sito. Una porzione di cellule estruse (100 µl) è stata spottata su vetrino (2 spots da 50 µl) pulito e pre-polilisinato. Le cellule sono state lasciate aderire per 20' in camerette umide al buio e alla temperatura di 20°C. Successivamente i preparati sono stati dapprima lavati con soluzione di Hanks e successivamente incubati con 100 µl di soluzione di lavoro Neutral Red (0,2 mg/ml) per 20'. I preparati sono stati successivamente sciacquati due volte con soluzione di Hanks e, dopo il posizionamento del coprivetrino, posti sotto la luce del microscopio invertito a un fattore di magnificazione 400X. Le cellule sono state osservate ad intervalli di 15' per 90'. L'endpoint viene raggiunto quando in almeno il 50% delle cellule osservate si nota il pencolamento del colorante lisosoma affine Neutral Red nel citoplasma cellulare.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati restituiti come tempi medi in minuti necessari al raggiungimento dell'endpoint ( $\pm$ dev.st).

**Attività mitocondriale** - Il test, condotto seguendo la metodica riportata in Gomiero *et al.* (2018), prevede la realizzazione di due vetrini per individuo e tre individui per sito. Una porzione di cellule estruse (100 µl) è stata spottata su vetrino (2 spots da 50 µl) pulito e pre-polilisinato. Le cellule sono state lasciate aderire per 20' in camerette umide al buio e

alla temperatura di 20°C. Successivamente i preparati sono stati dapprima lavati con soluzione di Hanks e, successivamente, incubati con una soluzione 50nM di tetrametilrodamina etil estere perclorato TMRE 0,05M per 20'. I preparati sono poi stati incubati con albumina, sciacquati due volte con soluzione di Hanks e successivamente posizionati sul coprivetrino e posti sotto la luce fluorescente (filtro rodamina) del microscopio invertito ad un fattore di magnificazione 400X. L'emissione fluorescente viene catturata dalla telecamera e vengono registrate 20 immagini/individuo.

Elaborazioni dei dati - I risultati vengono restituiti come valori di intensità di fluorescenza /pixel o % di fluorescenza rispetto al controllo.

**Metallotioneine** - I livelli di metallotioneine sono stati dosati tramite il metodo spettrofotometrico messo a punto da Viarengo *et al.*, (1997) leggermente modificato. I tessuti dei policheti sono stati omogeneizzati in tampone 20 mM di tris-HCl (pH 8,6), 0,006 mM di leupeptina (Sigma), 0,5 mM di fenilmetilsolfonil fluoruro (Sigma) come agenti anti-proteolitici e 0,001 % b-mercaptoethanol (Sigma). L'omogenato è stato centrifugato a 30.000 g per 20' per ottenere un surnatante contenente le metallotioneine. In seguito ad alcune procedure di purificazione e separazione il DTNB (acido 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoic) è stato aggiunto ai campioni a temperatura ambiente. L'assorbanza è stata misurata a 412 nm.

Elaborazioni dei dati - La concentrazione di MTLP è stata calcolata usando glutatione ridotto, (Sigma) come standard di riferimento come descritto da Viarengo *et al.* (1997). I livelli di metallotioneine sono espressi in nmol Mda g<sup>-1</sup> tessuto.

**Immunolocalizzazione di IPA** - Cinque individui sono stati processati per ogni trattamento. Dopo congelamento rapido in azoto liquido, essi sono stati tagliati in 4 parti e le sezioni centrali collocate su supporto in alluminio per realizzare criosezioni trasversali dell'individuo di 10 µm con un'angolazione di taglio di 15°. Le sezioni sono state quindi trasferite su vetrini tenuti a temperatura ambiente. La presenza di composti aromatici nelle cellule delle ghiandole digestive dei policheti analizzati è stata testata su sezioni di tessuto sciacquate tre volte con una soluzione di Hanks e stabilizzate in una soluzione di bloccaggio e permemabilizzazione costituita da 5% Triton X-100, 2% BSA, 0,5% siero di coniglio in soluzione di Hanks e successivamente incubate a 4 C con anticorpo primario monoclonale (Santa Cruz Biotechnology) 1/100 per 8h al buio e successivamente con anticorpo secondario anti IPA policlonale DyLight 594 (AbCAM) in concentrazione 1/100

per un'ulteriore ora, al buio e a 20°C. Le sezioni così trattate sono state risciacquate in soluzione di Hanks e montate in Mowiol. Per ogni vetrino sono state acquisite dalle 10 alle 20 immagini che sono state analizzate tramite un software per l'analisi d'immagine.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono espressi come densità ottica / pixels<sup>2</sup>.

## 2.2.5. INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

### 2.2.5.1 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).

**MOE** – E' stata seguita la procedura riportata nei Rapporti ISTISAN 96/34. Il contenuto lipidico è stato determinato per via gravimetrica. Un campione di mitili rappresentativo per proveniente da ciascun sito di prelievo è stato tritato con un mixer e una porzione di prova è stata idrolizzata a caldo con acido cloridrico 3 M. La miscela è stata quindi raffreddata e filtrata. Dopo essere stato lavato ed essiccato, il residuo è stato sottoposto ad estrazione al Soxhlet con etere di petrolio. Il solvente è stato eliminato e il residuo essiccato e pesato.

**Idrocarburi** – Le determinazioni degli idrocarburi vengono eseguite previo ottenimento di due distinte frazioni; la prima frazione definita *frazione volatile* (a) la seconda definita *frazione estraibile* (b)

(a) *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. La cromatografia permette di separare gli idrocarburi volatili in base al numero di carboni. La determinazione avviene tramite un rilevatore FID (flame ionization detector) e il dato è quantificato confrontandosi con una curva di taratura esterna (effettuata mediante benzina certificata) su almeno 5 punti. Lo strumento utilizzato è un Agilent, con autocampionatore G4513A, Piatto 7693, GC 7890A, FID. La colonna cromatografica montata è ZB-5HT

(All. A5-I).I singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, sono compresi tra n-pentano (C<sub>5</sub> H<sub>12</sub>) e n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) inclusi.

(b) *Analisi frazione estraibile*: una aliquota del campione è triturrata, anidrificata e trasferita nel ditale apposito. Il ditale è stato posto nel supporto apposito cui sono stati aggiunti 60 ml di n-esano e 60 ml di acetone. Il sistema di estrazione utilizzato è un sistema Automated Soxhlet Extraction (All. A5-I).

Dopo il ciclo di estrazione l'estratto è stato concentrato in evaporatore rotante portando il volume finale dell'estratto a 6 ml. L'estratto concentrato è stato purificato attraverso passaggio su colonna di Florisil per eliminare la componente polare e l'analisi sul purificato è stata effettuata mediante gascromatografo con rivelatore a fiamma (FID).

Lo strumento utilizzato è un Agilent, autocampionatore CTC PAL RSi 85, GC 7890B con detector FID, colonna DB-inferno (All. A5-I).

I composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) e del n-tetracontano (C<sub>40</sub> H<sub>82</sub>) Gli idrocarburi totali sono determinati sommando le 2 componenti, volatile ed estraibile.

**IA** - I bivalvi sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli Idrocarburi totali.

Gli IA sono stati analizzati mediante gascromatografia accoppiata a rivelatore a fiamma (FID)

L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-alcani (dal C<sub>15</sub> al C<sub>31</sub>, singolarmente), e la quantificazione è stata determinata dalle curve di taratura per ciascun composto analizzando cinque standard esterni. I limiti di quantificazione sono in funzione del primo punto di taratura e i campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura.

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-C<sub>20</sub>) e la frazione ad alto peso molecolare (>n-C<sub>21</sub>): 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.

**IPA**– L'estrazione è stata effettuata con la stessa metodica descritta per gli idrocarburi. Al momento della concentrazione dell'estratto è stato effettuato un cambio di solvente da esano/acetone in Toluene.

La concentrazione degli IPA è stata determinata con sistema GC-MS/MS. La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rilevatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta in modo efficiente. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale (anche se per matrici diverse dai Bivalvi).

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A5-II).

**Metalli pesanti** - L'estrazione dei metalli è stata condotta con metodo ICRAM Scheda 6 "bioaccumulo in bivalvi" (Protocollo Mussel Watch).

Eccetto il silicio per tutti gli altri metalli stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con la sigla ICP-MS. Tale tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione del campione e uno spettrometro di massa separa e rileva gli ioni prodotti. La quantificazione avviene mediante confronto con retta di taratura, effettuata subito prima dell'analisi.

Il campione, pesato in idoneo vessel in teflon, è stato addizionato con Acido nitrico e acqua ossigenata e digerito mediante microonde in contenitore a pressione mediante 5 step:

- Step 1: tempo = 1 minuto; potenza = 250 Watt
- Step 2: tempo = 1 minuto; potenza = 0 Watt
- Step 3: tempo = 5 minuti; potenza = 250 Watt



- Step 4: tempo = 5 minuti; potenza = 400 Watt
- Step 5: tempo = 5 minuti; potenza = 650 Watt

Dopo raffreddamento il campione è stato filtrato e portato a volume noto con acqua bidistillata.

Lo strumento usato per la determinazione dei metalli è ICP-MS Perkin elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT, utilizzato in modalità KED (cella di collisione) (All. A5-III).

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

Per la misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A5-III).

### **2.2.5.2 Biomarker**

In Tab. 2-IX è riportata la batteria di Biomarker prevista nella Specifica Tecnica, in grado di evidenziare precocemente la comparsa di forme di tossicità, sia acuta che cronica, ed eventuali compromissioni generali nello stato di salute degli organismi, imputabili alle sostanze chimiche potenzialmente rilasciate durante tutte le attività che si svolgono in piattaforma.

Subito dopo il prelievo, gli organismi sono stati trasportati presso i laboratori del Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente (DiSVA) dell'UNIVPM; una parte dei campioni è stata preparata per il test di sopravvivenza all'aria mentre la restante parte è stata opportunamente dissezionata con il prelievo di ghiandola digestiva, branchie ed

emolinfa che sono stati direttamente utilizzati o congelati in azoto liquido e mantenuti a -80°C fino al momento delle analisi.

**Tab. 2-IX** - Batteria di biomarkers eseguiti sui mitili raccolti presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo.

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

**Sopravvivenza in aria** - L'analisi è stata effettuata su un campione di 30-50 organismi per ciascun sito (controllo, VA, LA) i quali, subito dopo l'arrivo in laboratorio, sono stati lavati, asciugati e mantenuti a temperatura costante ( $4\pm 1^\circ\text{C}$ ) in un frigorifero a tenuta stagna con tasso di umidità a saturazione (All. A5-V. 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 alcuna sollecitazione.

**Frequenza dei Micronuclei** - Il danno genotossico è stato valutato nell'emolinfa dei mitili attraverso il test frequenza di micronuclei; la frequenza di micronuclei (MN) viene valutata negli emociti prelevati dal muscolo adduttore, lavati in un buffer salino (500 mM NaCl, 120 mM KCl, 20 mM HEPES, 10 mM EDTA) con brevi centrifugate. Le cellule vengono poi trattate con fissativo di Carnoy (miscela 3:1 metanolo ed acido acetico) e sottoposte ulteriormente a brevi centrifugate e cambi di fissativo, prima di allestire degli strisci su vetrino. Dopo colorazione dei preparati con 4',6-diamidino-2-fenilindolo cloridrato (DAPI)  $100\text{ ng mL}^{-1}$ , i vetrini vengono esaminati al microscopio in fluorescenza (All. A5-VI) per determinare la percentuale delle cellule contenenti micronuclei. Per ciascun campione vengono contate almeno 2000 cellule, considerando micronuclei tutte quelle porzioni di

cromatina fortemente DAPI positive in discontinuità fisica con il nucleo centrale, di forma circolare od ovoidale e di diametro compreso tra 1/3 e 1/20 del diametro del nucleo della cellula (Pisanelli *et al.*, 2009).

**Analisi di accumulo di lipofuscine e lipidi neutri** - L'analisi dell'accumulo di lipofuscina è stata effettuata su sezioni criostatiche di 8  $\mu\text{m}$  di ghiandola digestiva (All. A5-VII), fissate in Baker's Ca-formolo (10 mL di Formaldeide al 40%; 1 g di  $\text{CaCl}_2$ , NaCl al 2,5%, portato a volume con acqua distillata; All. A5-VIII) per 15' a 4°C; successivamente i vetrini vengono risciacquati in acqua distillata ed immersi per 5' nella soluzione di colorazione costituita da cloruro ferrico 1% e Kferricianuro 1% (5:1) portata al volume di 50 mL con acqua distillata. I vetrini sono quindi lavati prima in acido acetico al 2% e poi in acqua distillata e infine montati in gelatina di glicerolo. Il software d'analisi d'immagine Image Pro Plus 6.2 è stato utilizzato per determinare l'intensità di colorazione dei granuli di lipofuscina, evidenziati come granuli dal colore verde-azzurro all'interno dei tubuli della ghiandola digestiva dei mitili. L'accumulo di lipofuscina viene espresso in termini di intensità di colorazione per  $\mu\text{m}^2$  di tessuto totale (Gorbi *et al.*, 2012). L'analisi di accumulo di lipidi neutri viene anch'essa effettuata su sezioni criostatiche dello spessore di 8  $\mu\text{m}$  di ghiandola digestiva che vengono sottoposte ad una fase di fissaggio in buffer-formolo per 15 min a 4°C, cui segue un risciacquo in alcool isopropilico al 60%. La successiva procedura di colorazione prevede 15 minuti di incubazione in una soluzione satura di Oil Red O (1% in alcool isopropilico), un lavaggio di 1 minuto in alcool isopropilico al 60% e quindi in acqua distillata, e il montaggio in glicerol gelatina. L'accumulo di lipidi neutri viene misurato attraverso il software d'analisi d'immagine Image Pro Plus 6.2 (All. A5-VI), ed espresso in termini di intensità di fluorescenza per  $\mu\text{m}^2$  di tessuto totale (Gorbi *et al.*, 2012).

**Stabilità delle membrane lisosomiali** - Per l'analisi della Stabilità delle Membrane Lisosomiali è stato utilizzato il colorante cationico Rosso Neutro (NR). Almeno 5 mitili sono stati analizzati individualmente per ogni sito di campionamento (VA, LA e controllo). Dopo il prelievo gli emociti sono stati incubati su un vetrino con una soluzione di Rosso Neutro preparata fresca (2  $\mu\text{l}$ /ml di acqua di mare filtrata) a partire da una soluzione madre di 20 mg di colorante Rosso Neutro disciolto in 1 ml di DMSO, ed esaminati al microscopio ottico (All. A5-VI) ad intervalli di 15', per determinare il tempo in cui il 50% delle cellule presentano il colorante Rosso Neutro, inizialmente trattenuto nei lisosomi,

rilasciato nel citosol (ICES, 2015).

**Analisi dell'attività enzimatica della catalasi** - L'analisi dell'attività dell'enzima antiossidante catalasi è stata effettuata su campioni di ghiandola digestiva omogenati (1:5 p/v) in un tampone K-fosfato 100 mM a pH 7,5, con NaCl 2,5%, PMSF (fenilmetilsolfonilfluoruro) 0.1 mM e inibitori di proteasi: aprotinina 0.008 TIU/mL, leupeptina 1 µg/mL, pepstatina 0.5 µg/mL. Dopo centrifugazione a 100.000 xg per 1 h a 4°C (All. A5-IX), la frazione citosolica è stata aliquotata e conservata a -80°C. L'attività enzimatica della catalasi è stata analizzata attraverso un saggio spettrofotometrico a 18°C. Il valore ottenuto è stato normalizzato con il contenuto delle proteine secondo il metodo di Lowry (Lowry *et al.*, 1951). L'attività della catalasi (CAT), sistema antiossidante che detossifica il perossido d'idrogeno catalizzando la sua trasformazione in acqua e ossigeno, è stata valutata seguendo la diminuzione di assorbanza a  $\lambda=240$  nm,  $\epsilon=0,04$  mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> (All. A5-X). Il saggio è condotto per un minuto in un volume finale di 1 ml contenente tampone Kfosfato 100 mM a pH 7, con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 12 mM ed opportune aliquote di campione (Benedetti *et al.*, 2012).

**Contenuto di malondialdeide** - Il contenuto di malondialdeide (MDA) è stato determinato attraverso una reazione di coniugazione con 1-metil-2-fenilindolo, che dà luogo alla formazione di un composto con assorbanza rilevabile a lunghezza d'onda  $\lambda=586$  nm. Per questa analisi i campioni di ghiandola digestiva di *M. galloprovincialis* sono stati omogenati in Tris-HCl 20 mM pH 7,4 (1:3 p/v) e centrifugati a 3000 xg per 20' (All. A5-XI). La reazione di coniugazione è stata condotta a 45°C per 40 minuti in una mistura di reazione contenente 1-metil-2-fenilindolo 10.3 mM in acetonitrile diluito in rapporto 3:1 con metanolo, HCl 37%. Dopo centrifugazione a 15.000 xg per 10' (All. A5-XII), il contenuto di malondialdeide è stato misurato per via spettrofotometrica, utilizzando come standard 1,1,3,3-tetrametossipropano in Tris-HCl 20 mM (Shaw *et al.*, 2004).

**Livelli citosolici di metallotioneine** - I livelli di metallotioneine, proteine citosoliche indotte dalla esposizione a metalli pesanti, sono stati valutati nelle ghiandole digestive omogenate (1:3 p/v) in tampone Tris-HCl 20 mM pH 8,6, con saccarosio 0,5 M, leupeptina 0,006 mM come inibitore delle proteasi, fenilmetilsolfonilfluoruro (PMSF) 0,5 mM come agente proteolitico,  $\beta$ -mercaptoetanololo 0,01% come agente riducente. Dopo centrifugazione a 30000 xg per 45' a 4°C (All. A5-XIII), la purificazione delle metallotioneine è stata effettuata attraverso una serie di precipitazioni etanoliche. Il pellet

ottenuto da questi procedimenti e contenente le metallotioneine è stato asciugato sotto flusso d'azoto, risospeso nuovamente in una soluzione di NaCl 0.25 M e HCl 1 N, contenente EDTA 4 mM per eliminare i cationi metallici legati alle metallotioneine. Alla soluzione così ottenuta è stato aggiunto tampone Na-fosfato 200 mM pH 8, NaCl 2 M e l'acido 5,5'-ditio-bis-2-nitrobenzoico (DTNB) 0,43 mM ed il campione ulteriormente centrifugato a 3000 xg per 5 minuti a 4°C. La concentrazione delle metallotioneine è stata valutata in rapporto ai gruppi -SH determinati spettrofotometricamente a  $\lambda = 412$  nm mediante reazione con DTNB (All. A5-X). La quantificazione è stata effettuata attraverso una retta standard di calibrazione, con concentrazioni note di GSH (50-500 $\mu$ M) (Viarengo *et al.*, 1997).

**Livelli mRNA delle metallotioneine mt10 e mt20** - I livelli di mRNA dei geni di due isoforme di metallotioneine, *mt10* e *mt20*, sono stati analizzati mediante PCR real-time.

L'RNA totale è stato purificato da 50-100 mg di ghiandola digestiva tramite kit Hybrid-R™, come da protocollo fornito dal produttore (GeneAll Biotechnology Co., Seoul, Korea), che prevede l'omogeneizzazione del tessuto in un reagente a base fenolica, l'aggiunta di cloroformio, la separazione di fase mediante centrifugazione a 12000 xg (15', 4°C), il recupero della fase acquosa (contenente l'RNA) e una serie di passaggi successivi in colonna per il legame, il lavaggio e l'eluizione dell'RNA. Le concentrazioni di RNA totale estratto sono state quantificate spettrofotometricamente utilizzando la tecnologia NanoDrop ND-1000 (NanoDrop Technologies, Wilmington, DE, USA) e i livelli di purezza sono stati valutati tramite i rapporti di assorbanza A260/A280 e A260/A230. La qualità dell'RNA è stata verificata tramite elettroforesi su gel di agarosio (1%) in condizioni denaturanti (formaldeide 2,2M). Il cDNA totale è stato generato da 1  $\mu$ g di RNA totale per ogni campione, tramite RT-PCR (Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction) impiegando il Kit iScript™ cDNA Synthesis (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). Tale kit combina una miscela di oligo(dT) ed esameri random per la reazione di retrotrascrizione, che sono state condotte in un termociclatore mediante un ciclo di 5' a 25°C, 20' a 46°C e 1' a 95°C.

Per valutare i livelli di mRNA dei due geni target è stata eseguita la quantificazione assoluta in real time PCR (qPCR) con coppie di primers specifiche per ogni gene (Tabella 1), utilizzando il metodo SYBR Green, nel sistema PCR Real-Time di StepOnePlus® (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Ogni 15  $\mu$ l di reazione di amplificazione del

DNA conteneva 7,5 µl di SYBR Select Master Mix (Life Technologies, Carlsbad, CA, USA), 5 µl di cDNA totale (sintetizzato come descritto sopra e diluito 1: 5) e 200 nM di ciascun primer *forward* e *reverse*. Il programma di amplificazione PCR in tempo reale a tre step della Real Time -PCR prevede una fase di attivazione enzimatica a 95 °C (2 min) e 40 cicli ciascuno composti da 15s a 95 °C, 15" alla temperatura di annealing (Tab. 2-X) e 1' a 72°C. Per determinare la specificità dell'amplificazione del cDNA bersaglio sono stati inclusi dei controlli negativi privi del cDNA templato. Ogni campione di cDNA è stato analizzato in duplicato. Una volta ottenuto il ciclo soglia (Ct) i valori sono stati convertiti in numero di copie di mRNA utilizzando una curva standard generata interpolando i valori di Ct rispetto al log del numero di copie. Gli standard sono stati creati mediante diluizioni seriali di quantità note di plasmide contenente l'amplicone di interesse, per ogni sequenza bersaglio (Dondero *et al.*, 2005). Il dato finale è stato espresso in "fold-change", calcolando il rapporto tra i valori dei campioni provenienti da piattaforma e i valori dei campioni di controllo.

**Tab. 2-X** - Sequenze delle coppie di primer e riferimento bibliografico, dimensioni dell'amplicone in paia di basi (bp), temperature di annealing e numeri di accesso delle rispettive sequenze in Genbank per i geni analizzati in PCR quantitativa nella ghiandola digestiva dei mitili.

Geni target	Sequenze coppie di primers	Riferimento bibliografico	Dimensione amplificato	Temperatura annealing	Genebank
<i>mt10</i>	Fwd: GGGCGCCGACTGTAAATGTTC Rev: CACGTTGAAGGCCCTGTACACC	Dondero <i>et al.</i> , 2005	93 bp	55 °C	HQ681034
<i>mt20</i>	Fwd: TGTGAAAGTGGCTGCGGA Rev: GTACAGCCACATCCACACGC	Dondero <i>et al.</i> , 2005	80 bp	55 °C	HQ681036

**Analisi statistica** - L'analisi statistica dei parametri biologici (biomarker) è stata effettuata mediante il programma Statistica R. Per ogni parametro è stata effettuata una analisi della varianza tramite il test di ANOVA, ponendo come limite di significatività statistica  $p < 0,05$ . L'omogeneità della varianza è stata verificata mediante il test di Cochran C e l'analisi post hoc (Dunnet) è stata applicata per discriminare le differenze tra gli organismi campionati dai diversi piloni. Per i dati delle analisi del danno genotossico è stata invece applicata una statistica non parametrica (ANOVA di Kruskal-Wallis).

#### 2.2.6. 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

Le affinità biocenotiche o le preferenze ecologiche sono state ricercate per tutti i taxa determinati a livello di specie.

Con i dati di densità delle singole specie sono state calcolate le curve di dominanza cumulativa. Per ricercare eventuali somiglianze tra le stazioni campionate con i dati di densità è stata effettuata un'analisi statistica multivariata utilizzando il pacchetto software PRIMER previa trasformazione dei dati in  $\sqrt{2}$  (Clarke e Warwick, 2001).

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. Tale metodo si basa sul presupposto che in aree stabili è favorita la presenza di specie con una "strategia di tipo k", con ciclo vitale lungo, grandi dimensioni corporee degli individui adulti, raramente dominanti numericamente, ma dominanti in termini di biomassa. Al contrario, nelle comunità disturbate, viene favorita la presenza di specie con "strategia di tipo r", dette anche opportuniste, caratterizzate da un ciclo vitale breve e piccola taglia corporea, che generalmente risultano dominanti numericamente.

L'indice si basa sulla seguente formula:

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

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

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

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

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

L'indice AMBI 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-XII.

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

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 (v. 1.0) è stato sviluppato per stabilire gli impatti causati da fattori di stress generalizzati e non discrimina tra disturbo di origine naturale o antropogenica. Questo indice si basa sulla suddivisione dei taxa di fondo mobile (per i quali è fornita una lista) in 2 principali gruppi ecologici:

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

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

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

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

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

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

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

## 2.2.7. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

### 2.2.7.1 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 Bonaccia NW 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 semestre, 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 ( $N = n. \text{ ind}/500\text{m}/12\text{h}$ ) che ponderali ( $P = \text{kg}/500\text{m}/12\text{h}$ ).

Al fine di comparare i risultati ottenuti nel semestre 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.

### 2.2.7.2 Investigazioni acustiche

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

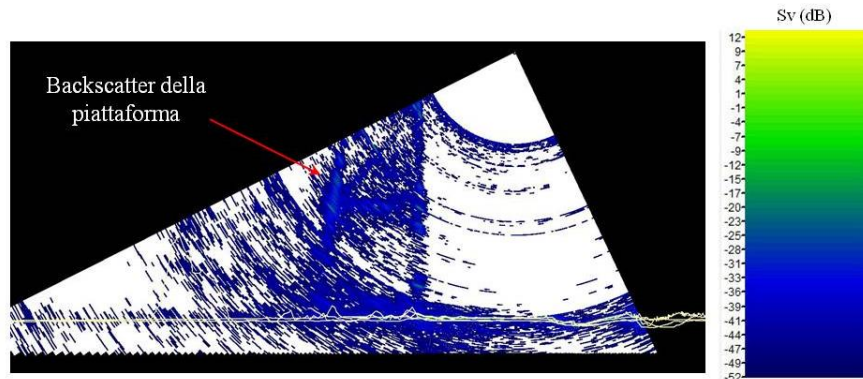
Dopo la conversione dei *raw data*, è stato eseguito lo *screening* dettagliato degli ecogrammi bidimensionali relativi a ciascun transetto. Una volta individuata una possibile aggregazione di pesce (*target*), sono stati selezionati i ping contenenti l'aggregazione creando un sottoinsieme dell'ecogramma. In presenza di rumore di fondo ben distinguibile dal *target*, è stata applicata una pulizia del dato utilizzando una procedura di mascheramento. D'altra parte, nel caso di intenso e diffuso rumore di fondo dovuto alla presenza di strutture e/o oggetti in grado di creare un forte *backscatter* e *scattering* dell'impulso acustico, non è stato possibile individuare alcun banco di pesce per l'alto livello di mascheramento. Questo avviene per esempio in prossimità della piattaforma stessa (fig. 2.11) 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 (tipo imbarcazioni) in movimento (fig. 2.12).

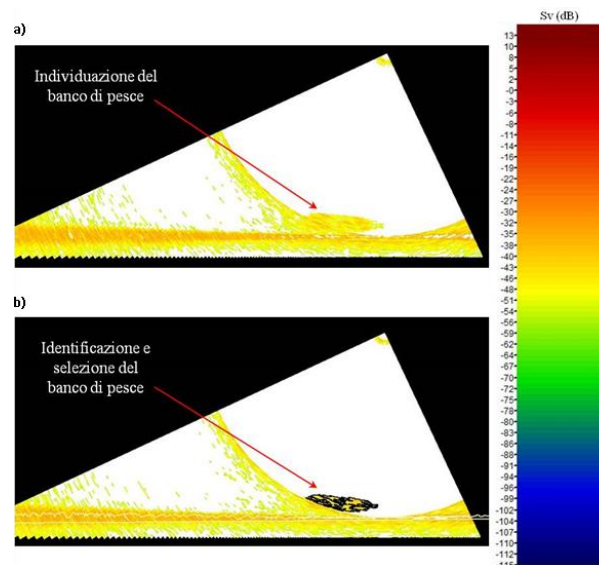
Poiché il sistema EM2040CD non può essere calibrato per il riconoscimento di particolari specie ittiche, si è considerato un *volume backscatter strength* (*Sv*) compreso tra -35 +64 dB, intervallo scelto a seguito di un controllo di qualità del dato effettuato al fine di isolare il rumore. Questa procedura, oltre a fornire l'immagine tridimensionale del *target* permette di estrarne le caratteristiche metriche e acustiche che, quando possibile, sono state usate come misure 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). Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche metriche e variabili acustiche estratte per ogni *target* tridimensionale (Tab. 2-XV e 2-XVI).

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 Clara NW.



**Fig. 2.11** - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma Bonaccia NW. Il forte *backscatter* dovuto alla presenza della struttura e lo *scattering* omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma e/o tra i pali della stessa. Sv=Volume backscatter strength.



**Fig. 2.12** - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echoview. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del *target* tramite la procedura *Target detection*. La scala a colori sulla destra rappresenta il *volume backscattering strength* (Sv) in dB e si riferisce a entrambi a) e b).

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

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

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

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

### 2.2.7.3 Indagini video in prossimità della piattaforma

Le immagini video registrate mediante telecamera in prossimità della piattaforma sono state analizzate per verificarne la qualità e per avvalorare i risultati ottenuti con i campionamenti di pesca e con le investigazioni tramite MBES 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

Nel **febbraio 2019** (fig. 3.1) è stato rilevato uno strato omogeneo con temperatura uniforme nei primi 50 m di profondità (media  $\pm$  dev.st.;  $13,09 \pm 0,16^\circ\text{C}$ ), in tutte le stazioni di campionamento a 100 m di distanza dalla piattaforma. I profili dei siti di controllo hanno mostrato profondità diverse per lo strato omogeneo, da un minimo di 25 m in CL5 a un massimo di 63 m in CL7. Oltre lo strato omogeneo, tutti i profili hanno evidenziato una marcata diminuzione della temperatura con la profondità e la presenza, da circa 70 m al fondo, di uno strato di acqua a temperatura minima uniforme (media  $11,53 \pm 0,11^\circ\text{C}$ ).

La distribuzione di salinità ha presentato andamento analogo, con valori uniformi di salinità (media  $38,70 \pm 0,00$  psu) dalla superficie fino a 50 m di profondità nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma e fino a profondità variabili tra 30 e 65 m in quelle di controllo, seguiti da valori in rapida diminuzione con la profondità diventati uniformi da circa 70 m al fondo (media  $38,58 \pm 0,01$  psu).

Le mappe areali non hanno evidenziato variazioni importanti nelle distribuzioni orizzontali di temperatura e salinità, che sono risultate piuttosto uniformi sia in superficie che al fondo in tutta l'area di campionamento (fig. 3.2).

La torbidità, determinata come backscattering ed espressa dopo calibrazione in  $\text{mg l}^{-1}$ , è apparsa uniforme ovunque fino a circa 60 m di profondità (media  $1,0 \pm 0,0$   $\text{mg l}^{-1}$ ) con un aumento verso il fondo, dove ha raggiunto i valori più elevati (massimo  $1,8$   $\text{mg l}^{-1}$  a 75 m, stazione CL3).

L'ossigeno disciolto alla saturazione ha presentato una distribuzione simile in tutte le stazioni di campionamento, con valori piuttosto uniformi dalla superficie fino a 40 m di profondità (media  $98,8 \pm 0,3\%$ ) in progressiva diminuzione verso il fondo, dove è stato registrato il valore minimo ( $94,8\%$  a 75 m, stazione CL7).

La fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in  $\mu\text{g l}^{-1}$  di clorofilla, è risultata compresa nell'intervallo  $0,2-0,8$   $\mu\text{g l}^{-1}$ , con valori  $> 0,5$   $\mu\text{g l}^{-1}$  dalla superficie fino a circa 50 m in tutte le stazioni di campionamento, in graduale diminuzione con la profondità. Un

picco massimo di  $0,92 \mu\text{g l}^{-1}$  è stato registrato a 67 m di profondità nella stazione CL5 (fig. 3.3).

Nel mese di **maggio** (fig. 3.4) i valori di temperatura più elevati sono stati registrati nei primi 10 m di profondità ovunque (media  $15,94^{\circ}\text{C} \pm 0,06^{\circ}\text{C}$ ). Al di sotto di tale strato era evidente una progressiva diminuzione fino a circa 60 m, dove sono stati rilevati i valori più bassi rimasti costanti fino al fondo (media  $12,00 \pm 0,00^{\circ}\text{C}$ ).

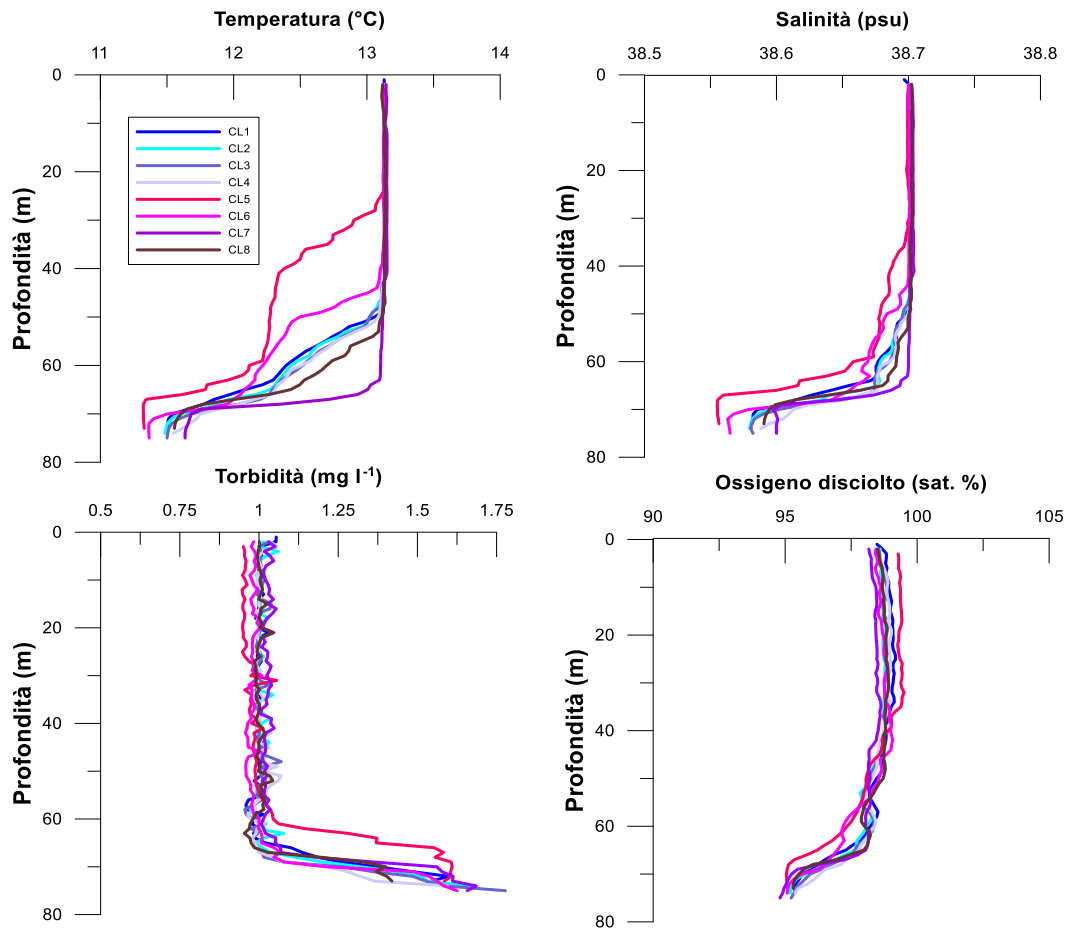
Anche i profili di salinità sono apparsi uniformi nei primi 10 m (media  $38,52 \pm 0,04$  psu), ad eccezione delle stazioni CL6 e CL5 dove i valori erano più bassi (minimo 38,42 psu, stazione CL5). Tra 10 e 20 m di profondità si è rilevato un rapido incremento fino ai valori massimi che sono rimasti piuttosto uniformi sino a circa 50 m (media  $38,70 \pm 0,01$  psu), in successiva diminuzione con la profondità fino a circa 60 m, dove la salinità è rimasta costante fino al fondo (media  $38,65 \pm 0,00$  psu). Dalle mappe areali è emerso un debole gradiente di temperatura in superficie ( $\Delta t \sim 0,16^{\circ}\text{C}$ ), in diminuzione da S verso N, e valori minimi uniformi al fondo (media  $12,00 \pm 0,00^{\circ}\text{C}$ ), mentre per la salinità si è rilevata una distribuzione pressoché uniforme su tutta l'area sia in superficie (media  $38,51 \pm 0,04$  psu) che al fondo (media  $38,65 \pm 0,00$  psu) (fig. 3.5).

In tutte le stazioni la torbidità è risultata costante dalla superficie fino a circa 55 m di profondità con valori minimi (media  $0,4 \pm 0,0 \text{ mg l}^{-1}$ ), in rapido incremento verso il fondo (massimo  $2,28 \text{ mg l}^{-1}$  a 70 m, stazione CL5).

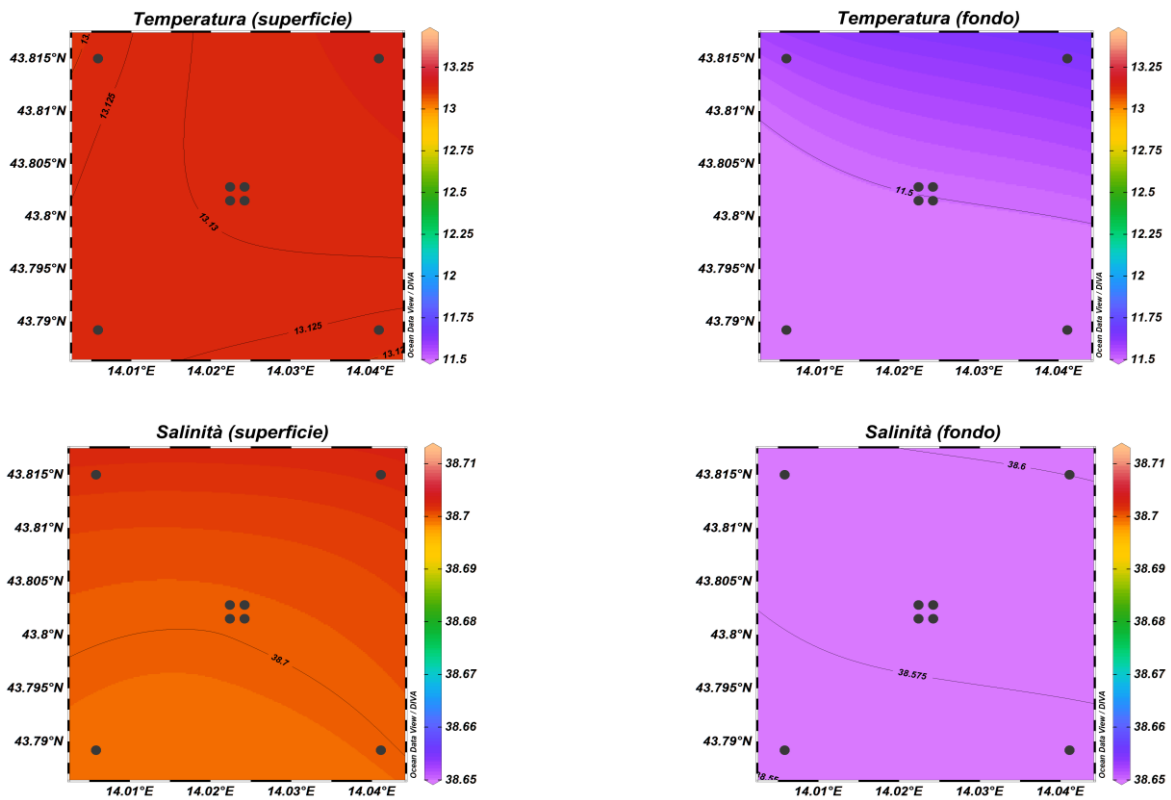
La saturazione dell'ossigeno disciolto ha fatto registrare un andamento simile in tutte le stazioni di campionamento, con valori  $>100\%$  in superficie, in aumento con la profondità fino a circa 25 m (massimo 106,81% a 21 m, CL8) e quindi in rapida diminuzione fino a circa 60 m (minimo 91,42%, CL5), dove è stata rilevata una distribuzione uniforme fino al fondo (media  $92,98 \pm 0,68\%$ ).

I profili di fluorescenza hanno mostrato valori bassi in superficie (minimo  $0,26 \mu\text{g l}^{-1}$ , stazione CL8), in aumento tra i 30 e i 60 m fino a raggiungere il massimo di  $1,18 \mu\text{g l}^{-1}$  nella stazione CL7 e di nuovo in diminuzione verso il fondo (fig. 3.6).

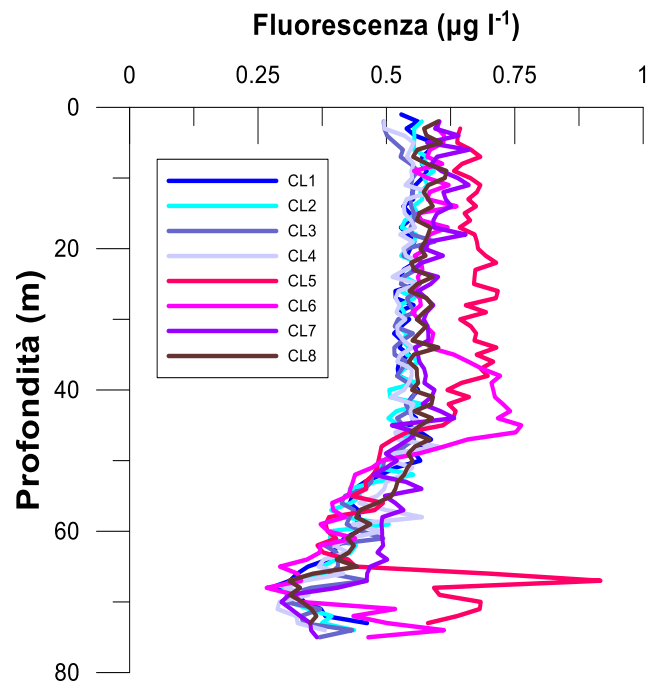




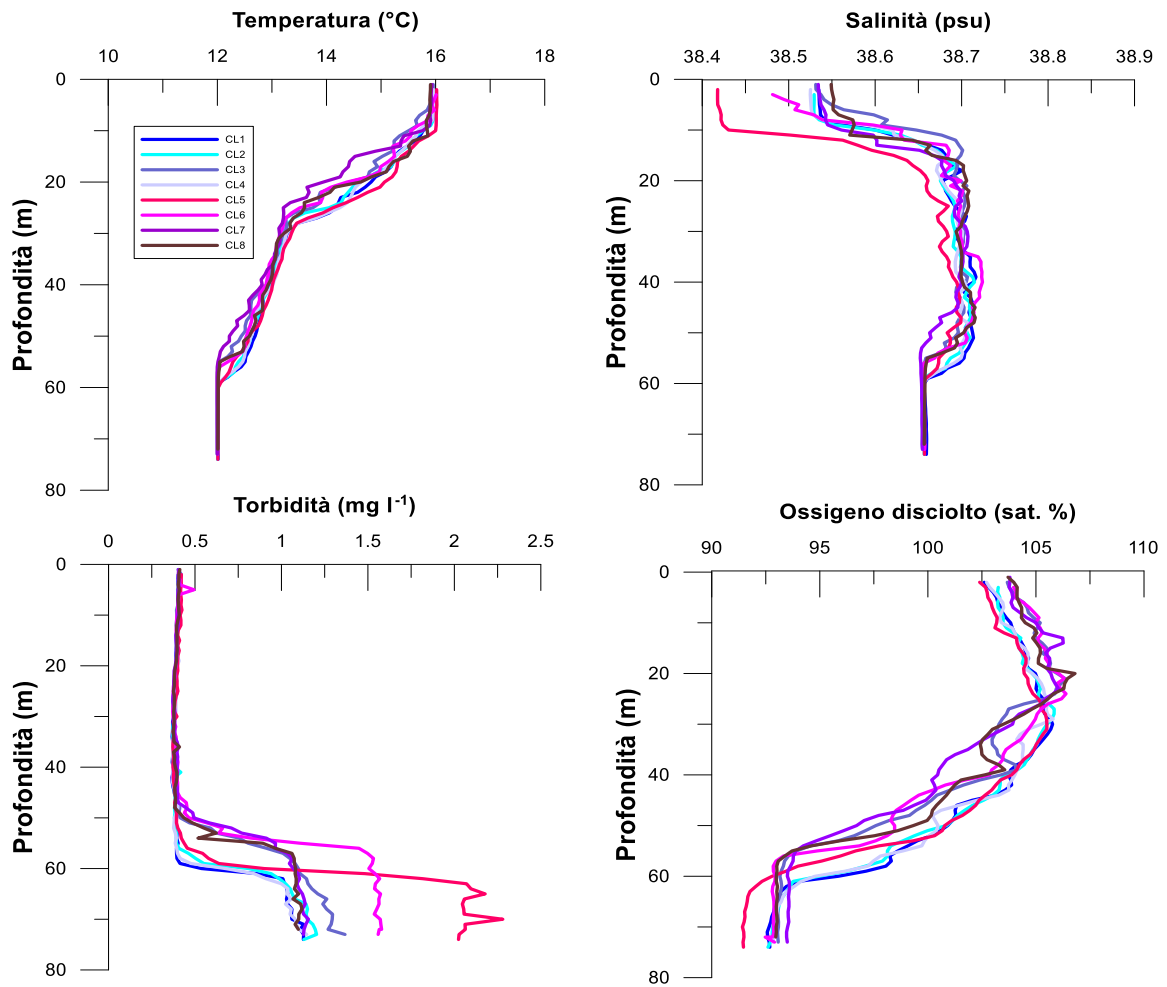
**Fig. 3.1** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l<sup>-1</sup>) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Febbraio 2019.**



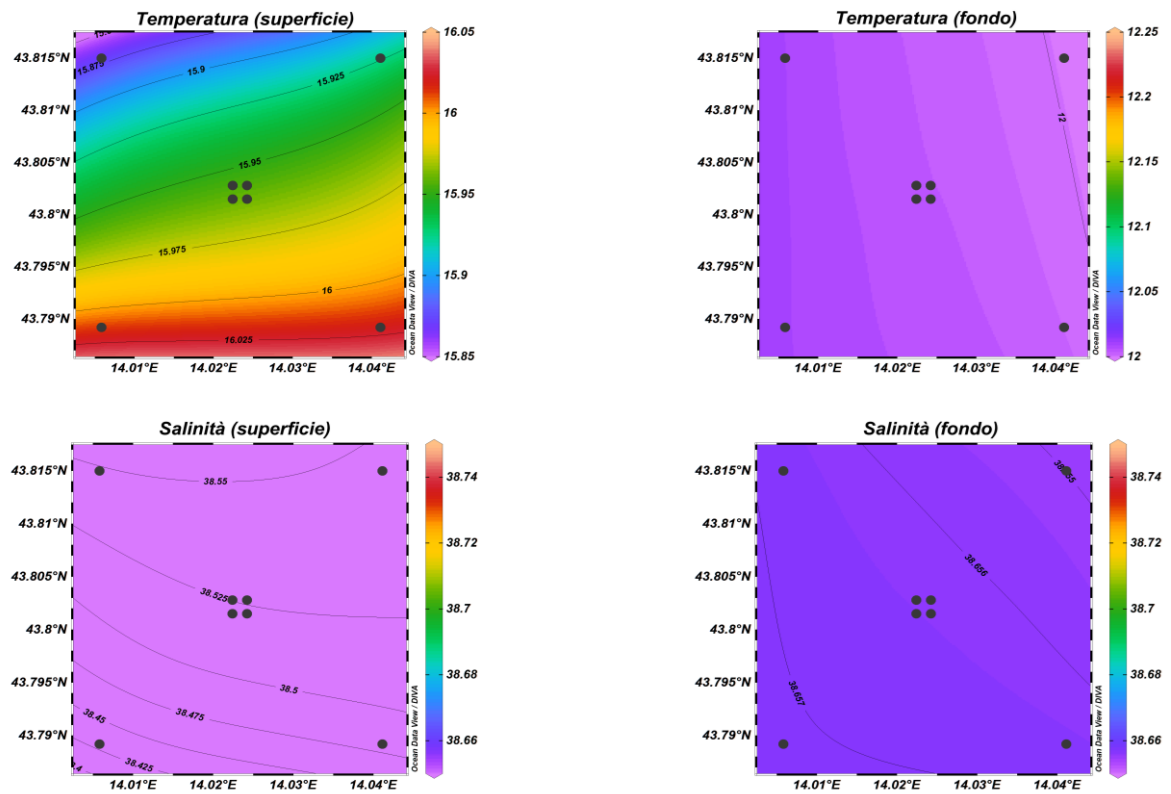
**Fig. 3.2** - Mappe areali rappresentanti la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2019**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



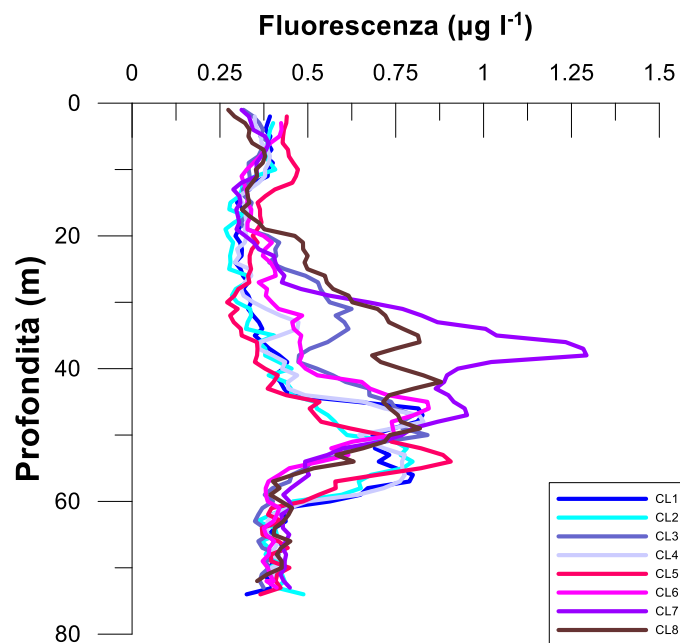
**Fig. 3.3** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ). **Febbraio 2019**.



**Fig. 3.4** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l-1) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2019.**



**Fig. 3.5** - Mappe areali rappresentanti la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2019**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



**Fig. 3.6** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ). **Maggio 2019**.

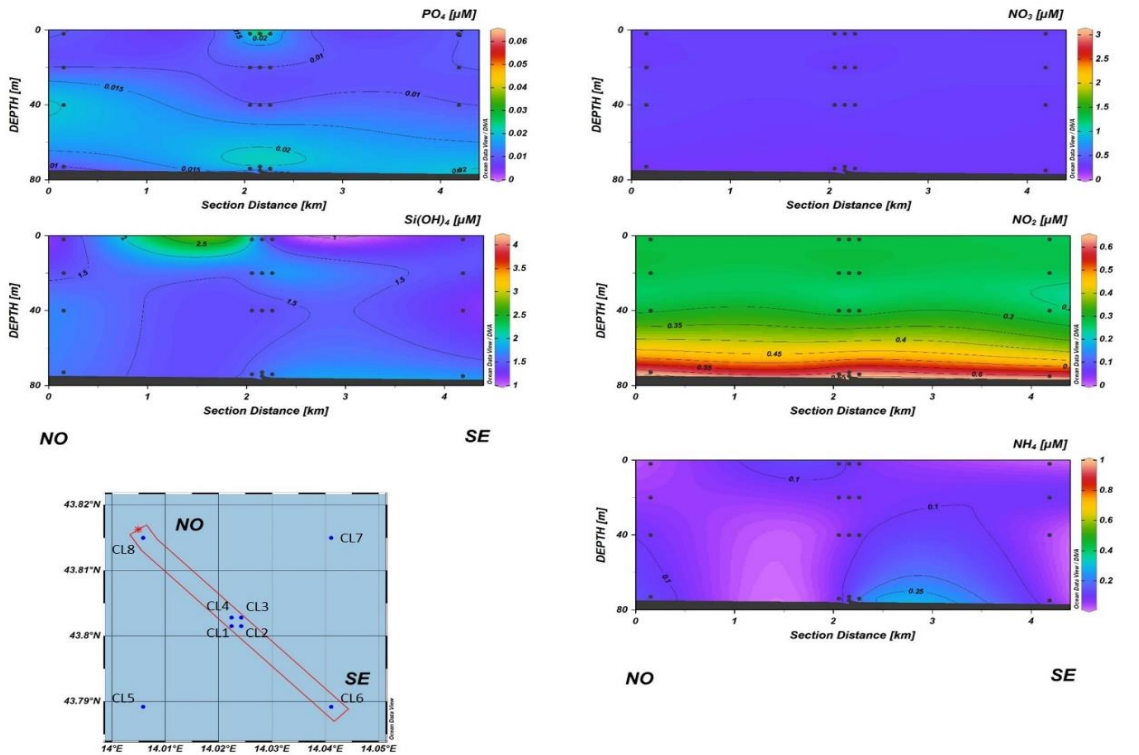
### 3.1.2. NUTRIENTI

Nel **febbraio 2019** (figg. 3.7a; 3.7b; 3.8) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,41 \pm 0,48 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ ,  $0,36 \pm 0,15 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_2$  e  $0,12 \pm 0,16 \mu\text{M}$  per  $\text{NH}_4$ . Per i  $\text{NO}_3$  non sono state osservate differenze tra la superficie e il fondo. Il massimo ( $3,04 \mu\text{M}$ ) è stato misurato a 40 m nella stazione CL7, mentre il minimo ( $0,30 \mu\text{M}$ ) è stato misurato a 40 m di profondità in CL5. Le concentrazioni massime di  $\text{NO}_2$  sono state osservate ovunque nelle acque di fondo e sono risultate comprese tra  $0,60$  e  $0,63 \mu\text{M}$ , mentre in tutte le altre quote sono variate tra  $0,24$  e  $0,30 \mu\text{M}$ . Il contenuto massimo di  $\text{NH}_4$  ( $0,95 \mu\text{M}$ ) è stato misurato a 40 m nella CL7, il minimo ( $0,03 \mu\text{M}$ ) in superficie nella CL6. Le concentrazioni dei  $\text{PO}_4$  sono variate tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, a profondità variabili, e un massimo di  $0,06 \mu\text{M}$ , misurato in superficie nel sito CL3. Mediamente i  $\text{Si(OH)}_4$  sono risultati presenti con  $1,59 \pm 0,31 \mu\text{M}$ . Il massimo ( $2,80 \mu\text{M}$ ) è stato registrato a 40 m nella stazione CL7, il minimo ( $1,26 \mu\text{M}$ ) a 20 m nella CL5 e a 40 m nella CL6 (figg. 3.7, 3.8, 3.9).

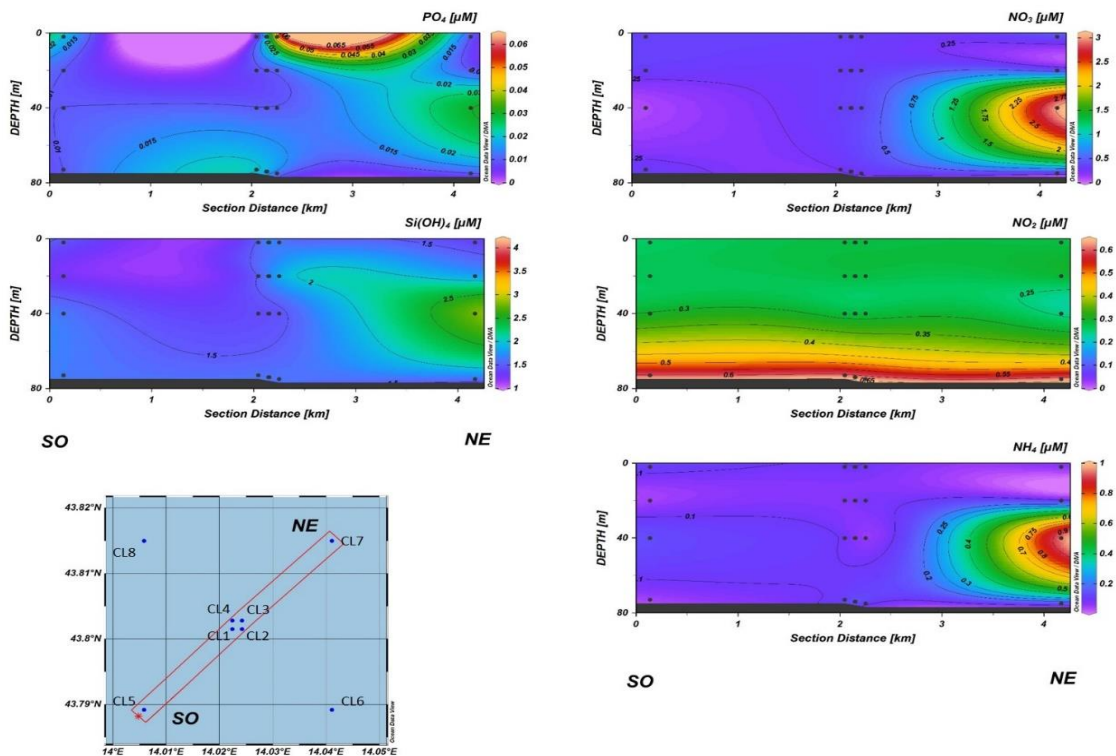
Nel **maggio 2019** (figg. 3.9a; 3.9b e 3.10) in generale le concentrazioni più elevate di nitrati e nitriti sono state rilevate nelle acque di fondo, mentre non è stato osservato alcun andamento particolare per l'ammonio. In media le concentrazioni di  $\text{NO}_3$  al fondo per tutte le stazioni sono state di  $0,63 \pm 0,19 \mu\text{M}$ , con il massimo ( $1,08 \mu\text{M}$ ) osservato in CL5, mentre nelle altre quote sono risultate comprese tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale (a 20 m in CL3; a 40 m in CL4 e a 20 m e in superficie in CL7) e  $0,08 \mu\text{M}$ , osservato a 40 m nel sito CL7. I  $\text{NO}_2$  misurati al fondo sono risultati compresi tra  $0,50$  e  $0,62 \mu\text{M}$ ; tra i 40 m e la superficie le concentrazioni oscillavano tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale e  $0,08 \mu\text{M}$ . Il massimo di  $\text{NH}_4$  ( $0,56 \mu\text{M}$ ) è stato misurato al fondo della stazione CL5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati riscontrati in superficie in CL4 e a 40 m in CL7.

I  $\text{PO}_4$  sono variati tra il limite di rilevabilità strumentale, tra i 40 m e la superficie, e un massimo di  $0,03 \mu\text{M}$ , misurato a 40 m nella stazione CL1 e al fondo della CL5.

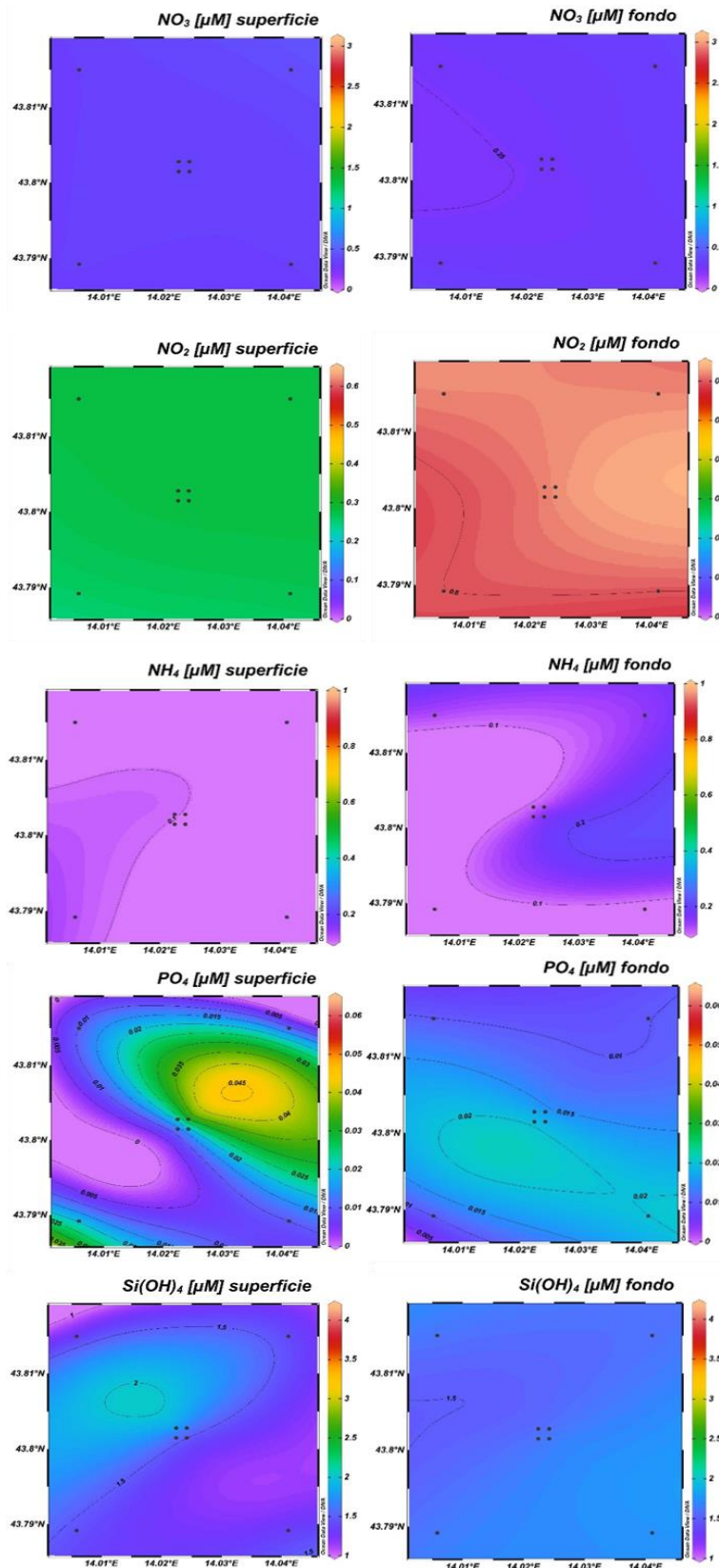
Analogamente a nitrati e nitriti, generalmente i tenori maggiori di  $\text{Si(OH)}_4$  sono stati osservati al fondo. La concentrazione media nelle acque di fondo è stata di  $2,91 \pm 0,54 \mu\text{M}$ , con un massimo ( $4,14 \mu\text{M}$ ) nella stazione CL7; tra i 40 m e la superficie la media è stata invece pari a  $1,49 \pm 0,62 \mu\text{M}$  con un minimo di  $1,13 \mu\text{M}$  misurato a 20 m nel sito CL8.



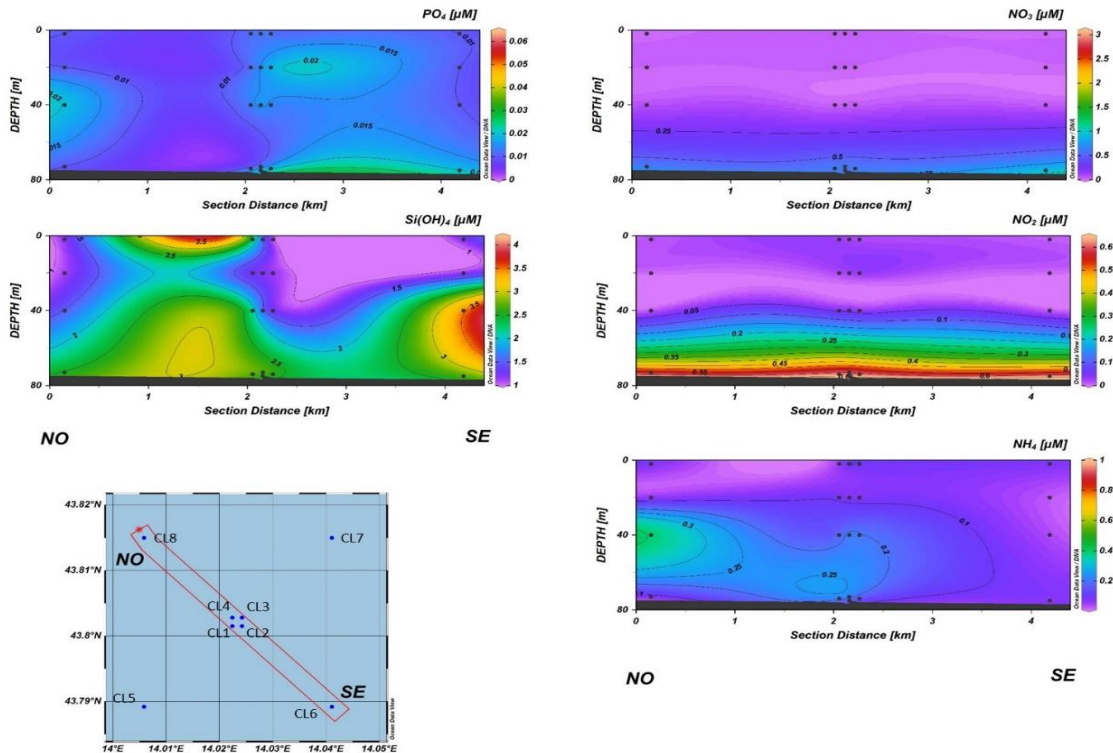
**Fig. 3.1a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . **Febbraio 2019.**



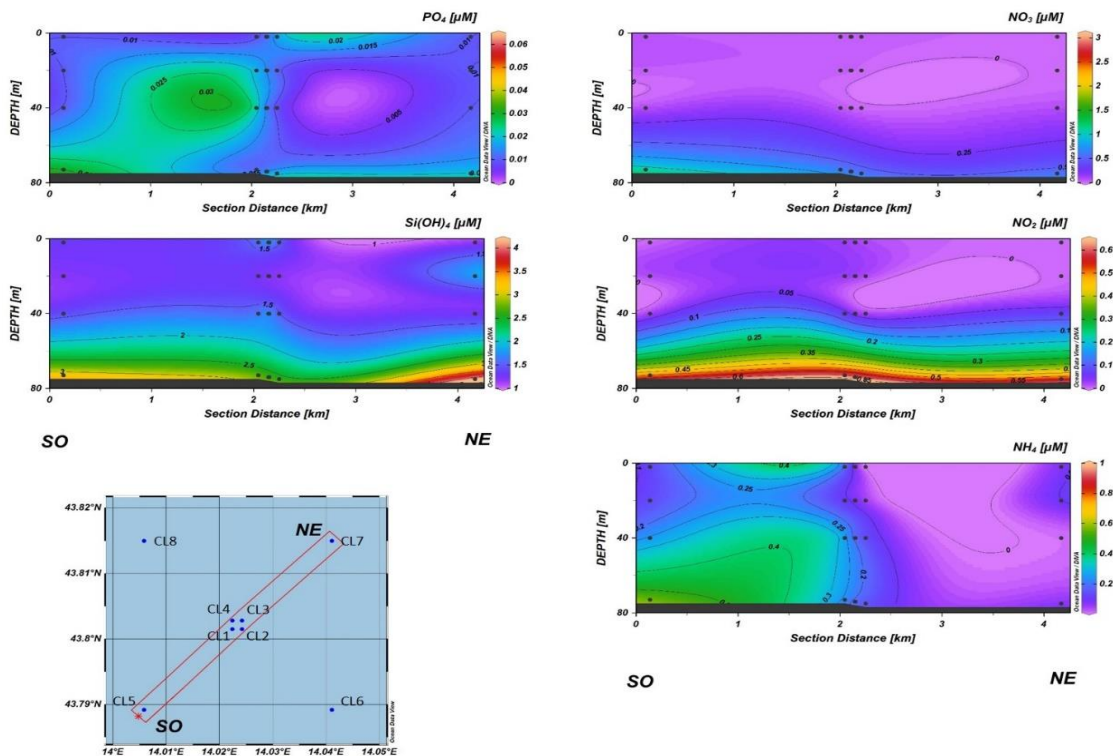
**Fig. 3.7b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . **Febbraio 2019.**



**Fig. 3.8** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Febbraio 2019**.

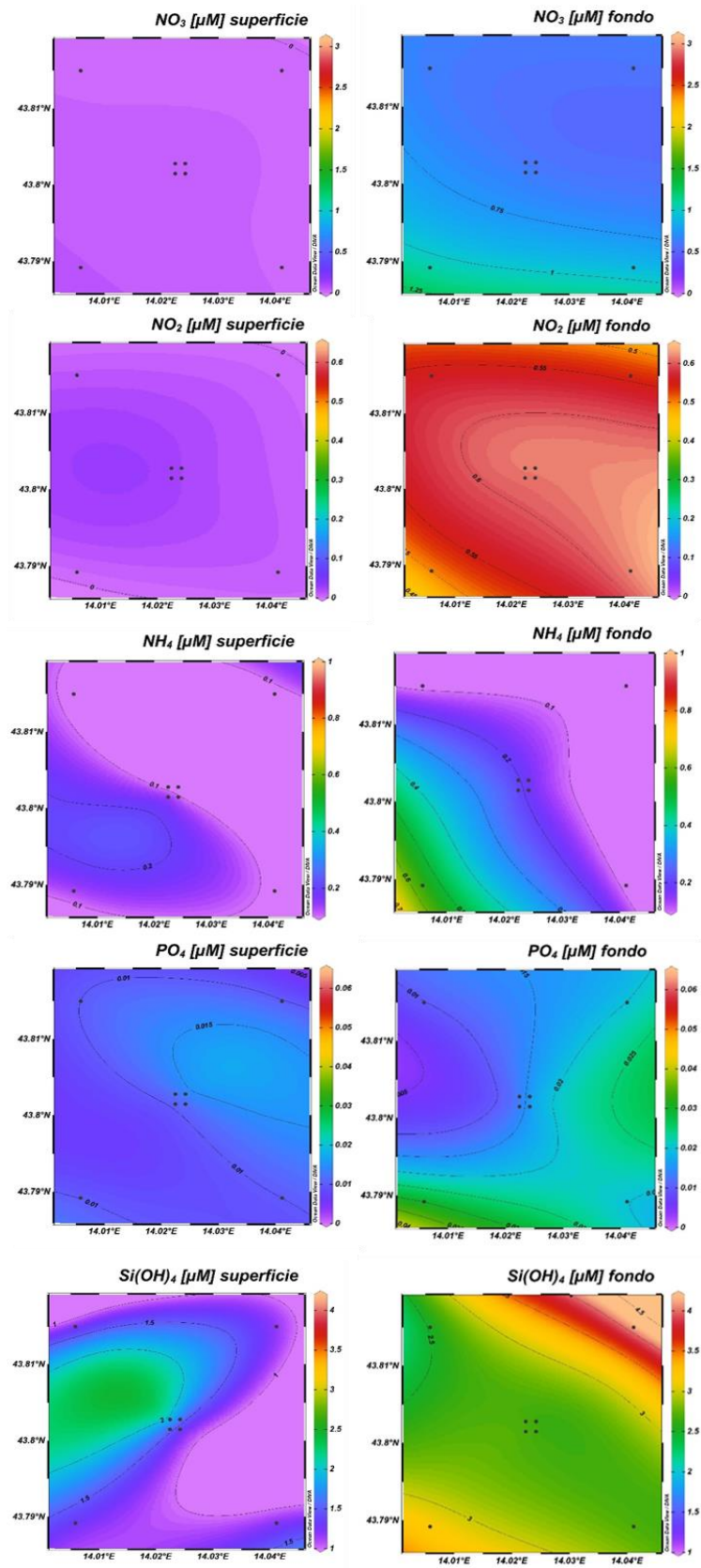


**Fig. 3.9a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Maggio 2019.



**Fig. 3.9b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Maggio 2019.





**Fig. 3.10** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Maggio 2019**.

### 3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

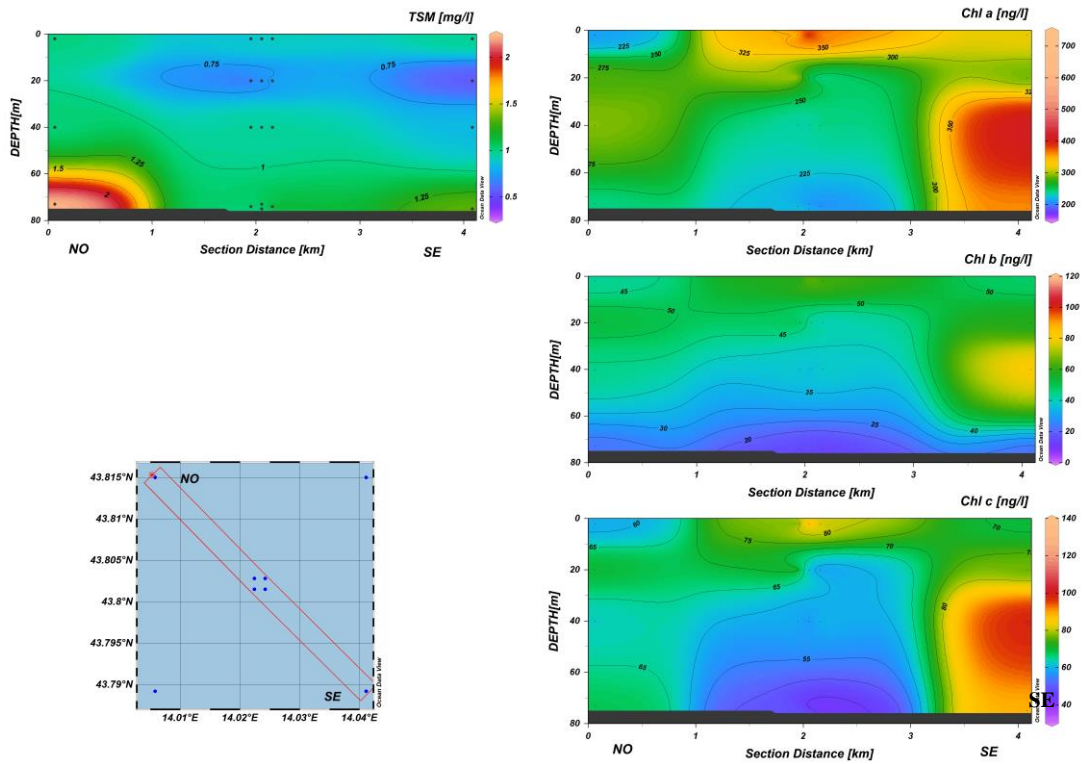
Nel **febbraio 2019** (figg. 3.11a, 3.11b e 3.12) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a  $272,4 \pm 114,0 \text{ ng l}^{-1}$ , con un massimo di  $732,5 \text{ ng l}^{-1}$  nella stazione CL3 in superficie. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) presentavano mediamente concentrazioni di  $42,0 \pm 23,4 \text{ ng l}^{-1}$  e  $66,6 \pm 21,5 \text{ ng l}^{-1}$ , con massimi pari a  $114,8 \text{ ng l}^{-1}$  e  $137,3 \text{ ng l}^{-1}$  rispettivamente. Anche se i contenuti maggiori delle clorofille sono stati misurati nella stazione CL3 in superficie, valori comunque alti sono stati rilevati anche nello strato intermedio.

Il materiale particellato (TSM) è stato rilevato con concentrazioni più abbondanti solo al fondo nelle due stazioni di controllo occidentali (massimo di  $2,25 \text{ mg l}^{-1}$ , CL8).

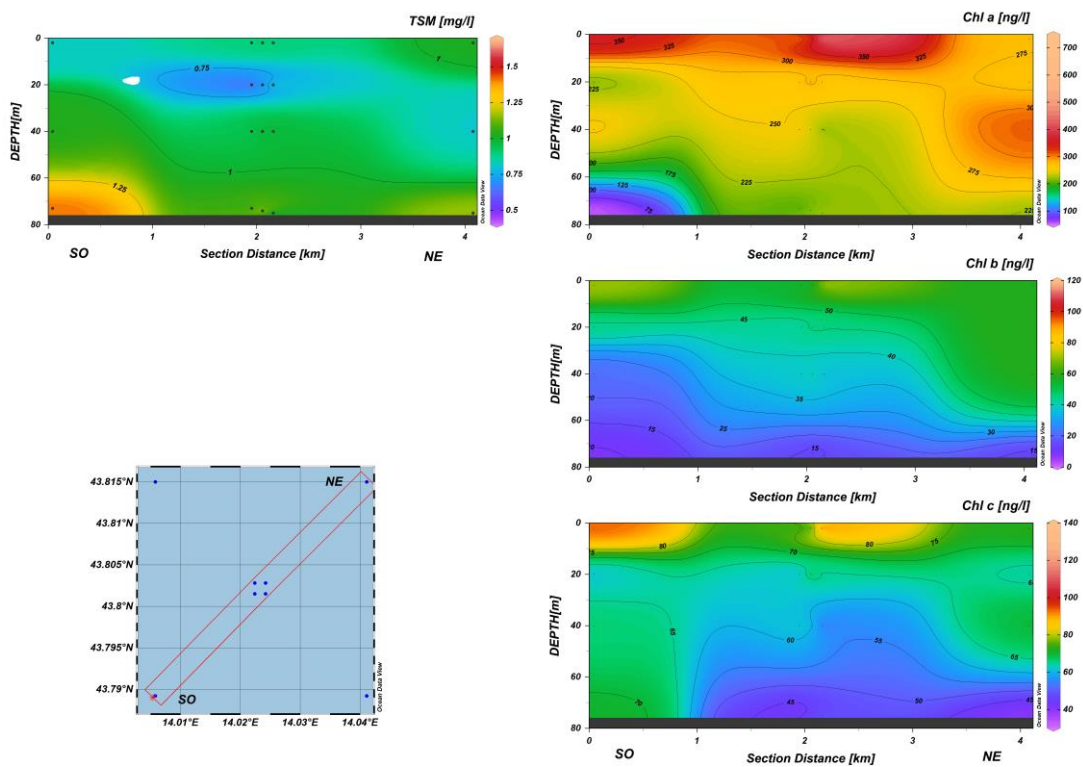
A **maggio** (figg. 3.13a, 3.13b e 3.14) la Chl *a* e la Chl *c* sono aumentate rispetto a febbraio anche se mediamente non sono state rilevate differenze per l'elevata variabilità ( $342,4 \pm 284,6 \text{ ng l}^{-1}$  e  $82,9 \pm 67,0 \text{ ng l}^{-1}$  rispettivamente). La Chl *b* è invece diminuita, pur rimanendo comparabile in media per gli stessi motivi di cui sopra ( $18,2 \pm 24,0 \text{ ng l}^{-1}$ ). Il valore massimo di Chl *a* è stato riscontrato in superficie nella stazione CL6 ( $1016,7 \text{ ng l}^{-1}$ ). Il massimo della Chl *b* ( $73,4 \text{ ng l}^{-1}$ ) è stato osservato in superficie nella CL3, mentre quello della Chl *c* ( $229,6 \text{ ng l}^{-1}$ ) è stato misurato sul fondo della CL6.

Come a febbraio, il TSM è risultato più abbondante prevalentemente al fondo nelle stazioni di controllo (massimo  $2,25 \text{ mg l}^{-1}$  in CL5).

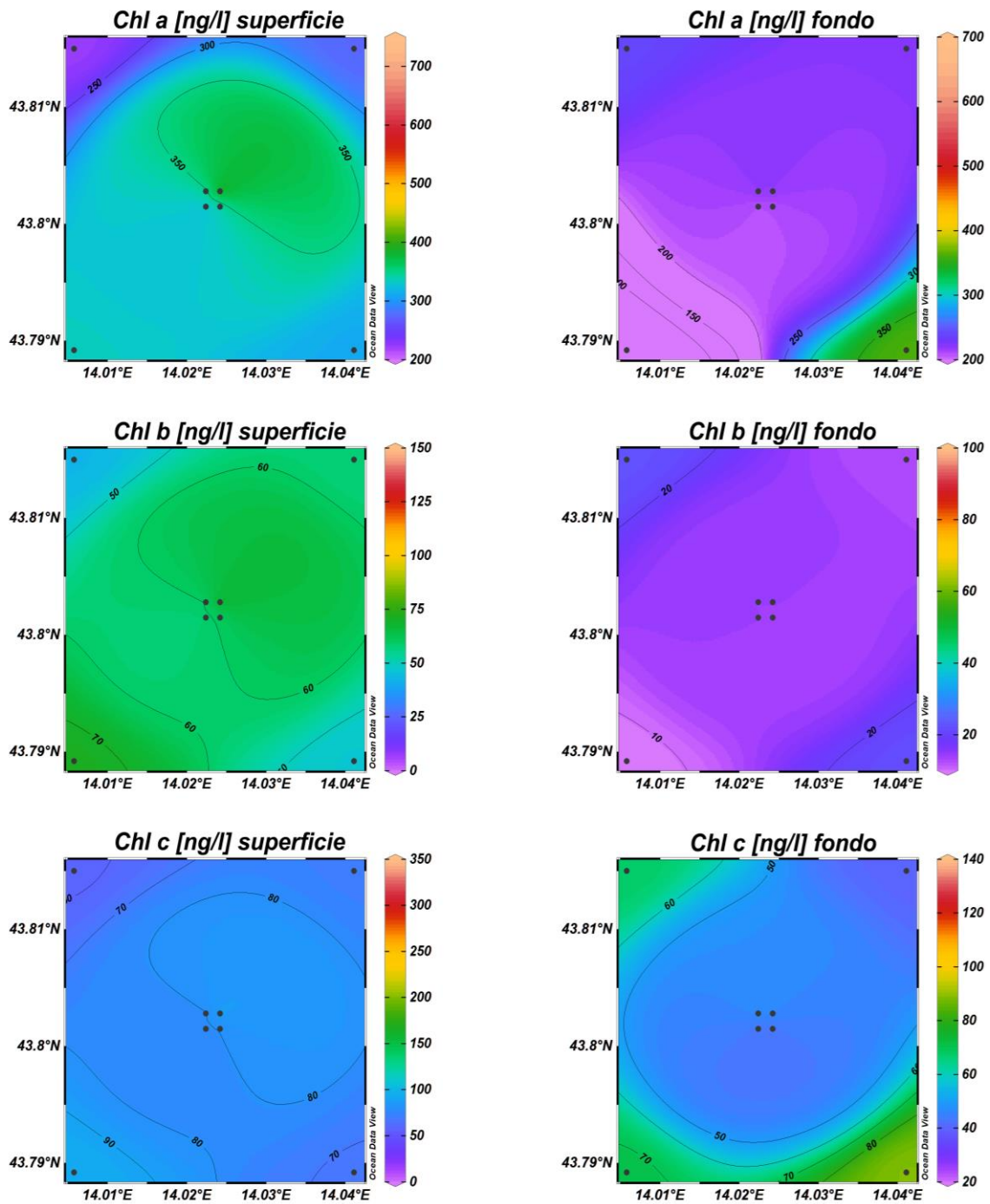
Anche a maggio la distribuzione verticale della clorofilla osservata presso la piattaforma Clara NW è stata caratterizzata da valori più elevati in superficie. Ai controlli la Chl *b* e la Chl *c* sono apparse maggiori sul fondo.



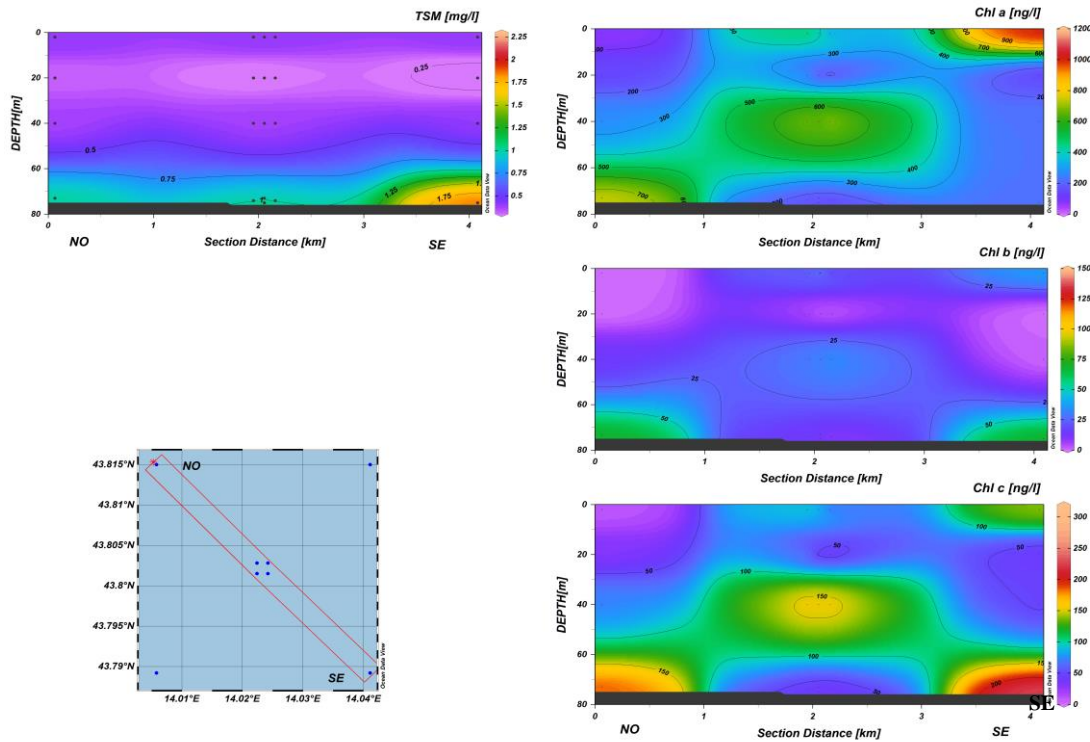
**Fig. 3.11a** – Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2, CL6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in  $\text{mg l}^{-1}$ , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in  $\text{ng l}^{-1}$ . **Febbraio 2019.**



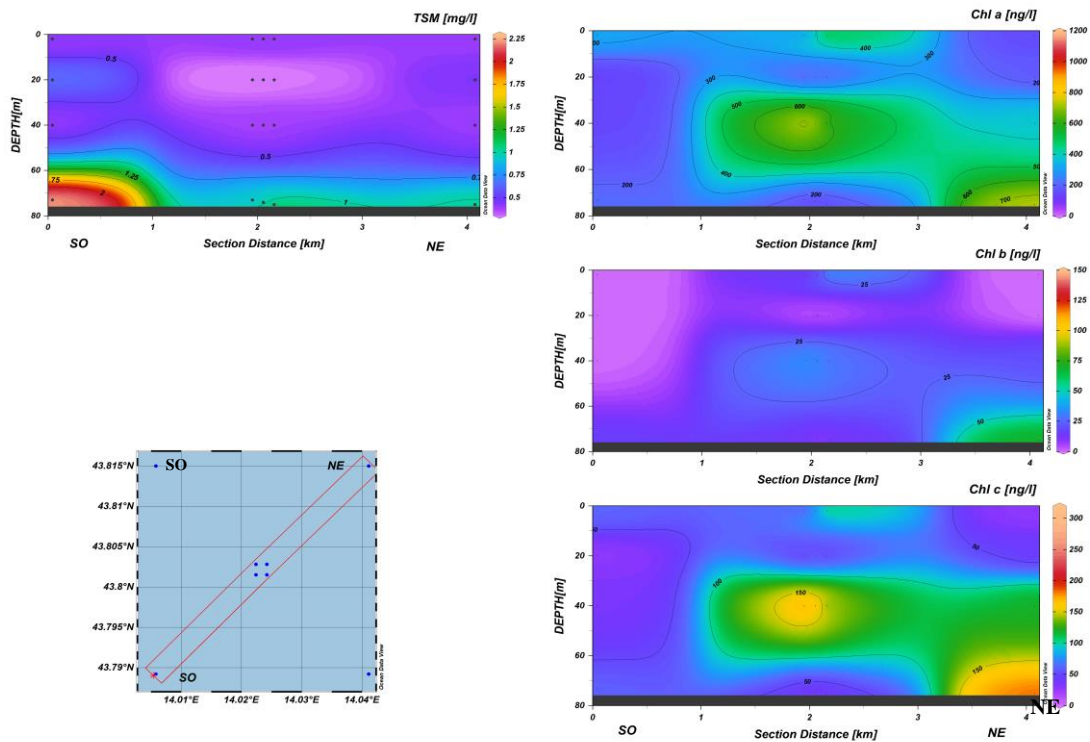
**Fig. 3.11b** – Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3, CL7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in  $\text{mg l}^{-1}$ , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in  $\text{ng l}^{-1}$ . **Febbraio 2019.**



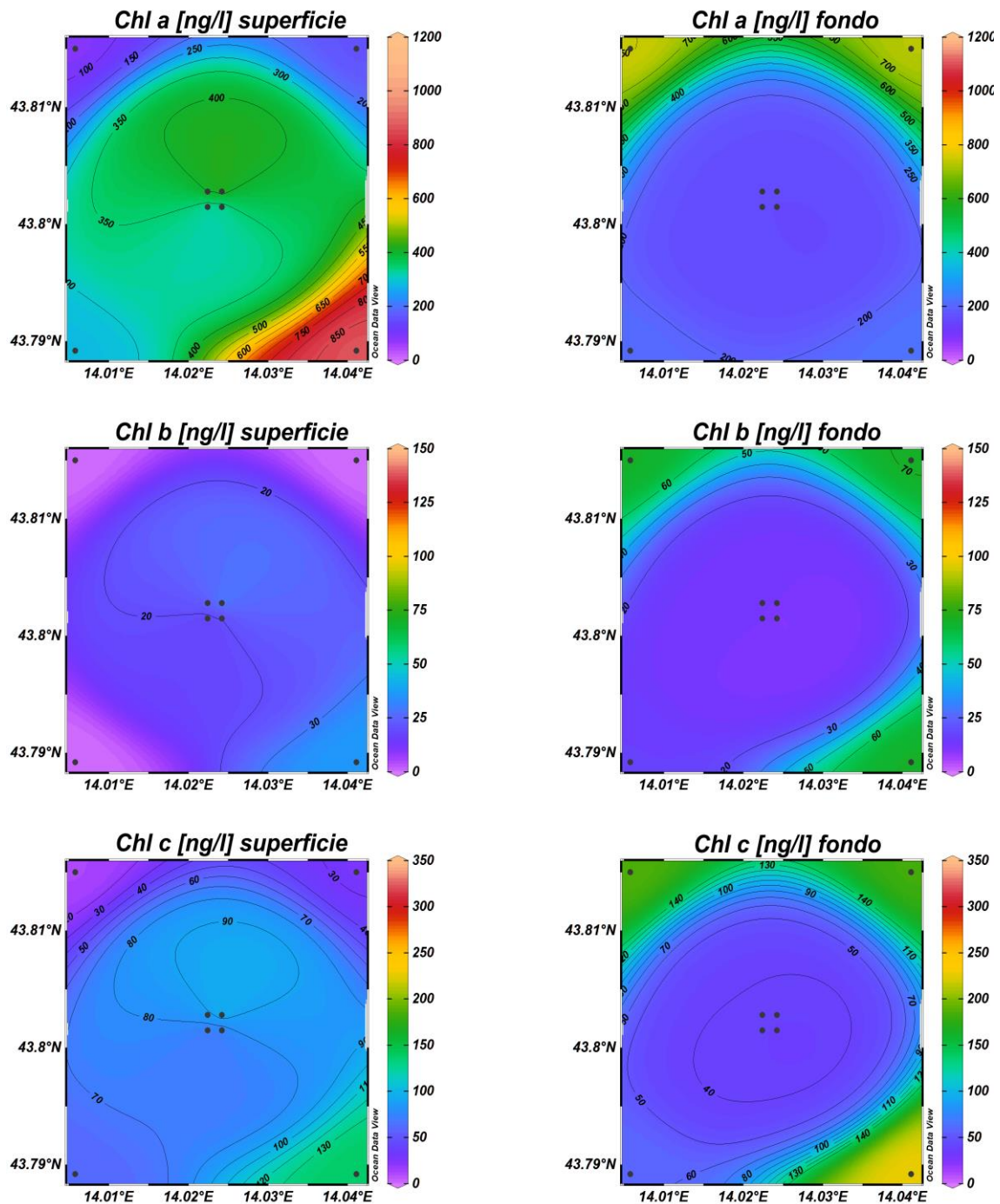
**Fig. 3.12** – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in  $\text{ng l}^{-1}$ . **Febbraio 2019.**



**Fig. 3.13a** – Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2, CL6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in  $\text{mg l}^{-1}$ , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in  $\text{ng l}^{-1}$ . **Maggio 2019.**



**Fig. 3.13b** – Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3, CL7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in  $\text{mg l}^{-1}$ , della clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in  $\text{ng l}^{-1}$ . **Maggio 2019.**



**Fig. 3.14** – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in  $\text{ng l}^{-1}$ . **Maggio 2019**.

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

Gli **Idrocarburi totali (IT)**, gli **Idrocarburi Alifatici (IA)** e gli **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)**, registrati nei due monitoraggi del 1° semestre 2019 sono riportati nelle Tab. 3-I. Tranne che per gli **IPA** a maggio, quando nel 56% dei campioni i valori sono

risultati inferiori al limite di rilevabilità (LR) strumentale, gli altri idrocarburi sono sempre stati quantificati salvo qualche rara eccezione descritta qui di seguito.

Gli **IT** sono stati mediamente più elevati a febbraio (range 16-160 µg/L, media 69±43 µg/L), con massimi relativi >100 µg/L presenti in quasi tutte le stazioni; tuttavia in quel primo campionamento questi composti sono risultati non rilevabili in due campioni a 100 m da Clara NW (fondo della stazione CL3 e 40 m della CL4) e in superficie della stazione CL6. A maggio il range è risultato compreso tra 17 a 51 µg/L, con una media di 33±21 µg/L. Unico valore fuori range è stato registrato nella stazione di controllo CL6 sul fondo (140 µg/L).

Anche gli **IA** sono apparsi più elevati a febbraio rispetto a maggio, con range 3,8-85,0 µg/L (media 36±22 µg/L), e 10-38 µg/L (escludendo il valore di 81 µg/L nella stazione CL6 sul fondo che può essere considerato uno spike; media 20±6 µg/L) rispettivamente. Inoltre, a maggio sono risultati non rilevabili in 5 campioni prelevati dai siti posizionati a 2000 m di distanza dalla piattaforma.

Come anticipato, gli **IPA** a maggio sono risultati inferiori al LR nel 56% dei campioni, mentre a febbraio sono stati rilevati ovunque ma in concentrazioni molto modeste, variando da 0,011 a 0,068 µg/L (media 0,023±0,012 µg/L). A maggio, invece, le concentrazioni rilevabili sono oscillate tra 0,0002 a 0,8500 µg/L, con una media di 0,064±0,226 µg/L. Se si esclude il valore di 0,85 µg/L rilevato nella stazione CL6 a 20 m di profondità, il range si riduce a 0,002-0,009 µg/L (0,004±0,003 µg/L).

I valori misurati per i **Solventi Organici Aromatici (BTEX)** a febbraio sono tutti risultati al di sotto o prossimi al LR (Tab. 3-II).

A maggio i BTEX sono apparsi in genere superiori rispetto a febbraio, ma non hanno mostrato un'evidente differenziazione geografica ad eccezione del **Toluene** che, nelle stazioni vicine alla piattaforma, sono risultati non rilevabili, mentre in quelle di controllo sono stati quantificati quasi ovunque presentando un range variabile tra 0,10 e 0,23 µg/L con le concentrazioni maggiori in CL6. Il **Benzene** è oscillato tra 0,010 e 0,047 µg/L, l'**Etilbenzene** tra 0,014 e 0,083 µg/L e lo **Stirene** tra 0,018 e 0,100 µg/L con un leggero incremento nelle stazioni lontane dalla piattaforma. Anche lo **Xilene** è risultato leggermente superiore nei siti a 2000 m dalla piattaforma (0,037-0,110 µg/L) rispetto a quelli a 100 m (0,021-0,068 µg/L). Anche in questo caso le concentrazioni maggiori sono state registrate in CL6.

**Tab. 3- I** - Concentrazioni ( $\mu\text{g/L}$ ) di Idrocarburi Totali, IA e IPA misurate nei survey condotti a febbraio e maggio 2019.

Stazione	Febbraio 2019			Maggio 2019		
	Idrocarburi Totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idrocarburi Totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)
CL1 sup	96	43	0,025	41	28	0,0002
CL1 20 m	98	45	0,018	24	17	< 0,00056
CL1 40 m	43	20	0,022	35	23	< 0,00056
CL1 fondo	43	22	0,013	29	19	< 0,00056
CL2 sup	21	10	0,019	51	38	< 0,00056
CL2 20 m	100	35	0,018	27	16	0,0029
CL2 40 m	20	8,7	0,011	24	14	0,0021
CL2 fondo	< 28	6,1	0,021	36	23	0,0087
CL3 sup	100	54	0,018	31	17	< 0,00056
CL3 20 m	130	63	0,019	39	23	0,00058
CL3 40 m	36	19	0,022	23	15	< 0,00056
CL3 fondo	110	53	0,016	26	16	< 0,00056
CL4 sup	16	6,6	0,026	18	11	< 0,0028
CL4 20 m	44	16	0,034	30	21	0,003
CL4 40 m	< 28	5	0,029	17	10	< 0,0028
CL4 fondo	120	59	0,023	43	30	< 0,00056
CL5 sup	34	20	0,025	23	< 1	< 0,0028
CL5 20 m	160	85	0,015	21	< 1	0,0035
CL5 40 m	23	14	0,046	24	13	< 0,0028
CL5 fondo	37	21	0,014	33	20	< 0,0028
CL6 sup	< 28	3,8	0,012	28	17	< 0,0028
CL6 20 m	32	20	0,011	36	21	0,85
CL6 40 m	39	27	0,034	20	< 1	< 0,0028
CL6 fondo	73	49	0,02	140	81	0,00046
CL7 sup	100	51	0,014	46	27	0,0043
CL7 20 m	71	43	0,014	33	21	0,0083
CL7 40 m	150	77	0,011	18	< 1	0,0062
CL7 fondo	33	19	0,037	33	23	0,0048
CL8 sup	52	25	0,035	35	24	< 0,0028
CL8 20 m	29	18	0,068	26	15	< 0,0028
CL8 40 m	48	26	0,016	28	17	< 0,0028
CL8 fondo	130	75	0,013	19	< 1	0,0059



**Tab. 3-II - Microinquinanti organici (BTEX; µg/L) determinati nel corso dei survey condotti a febbraio e maggio 2019.**

Stazione	Febbraio 2019					Maggio 2019				
	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene
CL1 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	0,027	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05
CL1 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,032	0,027	0,033	< 0,10	0,028
CL1 40 m	< 0,010	0,01	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,021	0,030	< 0,10	0,066
CL1 fondo	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,012	0,021	0,031	< 0,10	0,068
CL2 sup	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	0,022	0,022	0,022	0,026	< 0,10	0,026
CL2 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,040	0,038	0,054	< 0,10	0,039
CL2 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,036	0,048	< 0,10	0,030
CL2 fondo	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,012	0,042	0,052	< 0,10	0,031
CL3 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,024	0,022	0,026	< 0,10	0,025
CL3 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,029	0,031	0,045	< 0,10	0,033
CL3 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,025	0,033	< 0,10	0,023
CL3 fondo	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,011	0,070	0,073	< 0,10	0,047
CL4 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	0,027	0,028	0,045	0,063	< 0,05	0,043
CL4 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,047	0,034	0,035	< 0,05	0,053
CL4 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,013	0,016	0,018	< 0,05	0,021
CL4 fondo	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,012	0,034	0,036	< 0,10	0,028
CL5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,040	0,040	0,054	0,12	0,037
CL5 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,027	0,070	0,100	0,11	0,056
CL5 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,012	< 0,010	< 0,010	0,13	< 0,05
CL5 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,014	0,022	0,050	0,13	< 0,05
CL6 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,036	0,063	0,071	0,16	0,081
CL6 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,037	0,083	0,098	0,17	0,096
CL6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,011	0,027	0,034	0,19	0,110
CL6 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,012	0,026	0,033	0,23	0,110
CL7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	< 0,01	0,023	0,046	< 0,1	< 0,05
CL7 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,034	0,066	0,093	0,12	0,056
CL7 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,012	0,020	0,048	0,12	< 0,05
CL7 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,010	0,033	0,080	0,12	< 0,05
CL8 sup	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	0,021	0,015	0,014	0,020	0,14	0,037
CL8 20 m	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,023	0,064	0,088	0,11	0,053
CL8 40 m	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,011	0,022	0,053	0,10	< 0,05
CL8 fondo	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,011	0,019	0,053	0,11	< 0,05

### 3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale in entrambi i survey (Tabella 3-III).

**Tab. 3-III** - Concentrazioni (mg/L) di Glicole etilenico registrate nel corso dei survey condotti a febbraio e maggio 2019.

Stazione	Febbraio 2019	Maggio 2019
CL1 sup	< 2,2	< 2,2
CL1 20 m	< 2,2	< 2,2
CL1 40 m	< 2,2	< 2,2
CL1 fondo	< 2,2	< 2,2
CL2 sup	< 2,2	< 2,2
CL2 20 m	< 2,2	< 2,2
CL2 40 m	< 2,2	< 2,2
CL2 fondo	< 2,2	< 2,2
CL3 sup	< 2,2	< 2,2
CL3 20 m	< 2,2	< 2,2
CL3 40 m	< 2,2	< 2,2
CL3 fondo	< 2,2	< 2,2
CL4 sup	< 2,2	< 2,2
CL4 20 m	< 2,2	< 2,2
CL4 40 m	< 2,2	< 2,2
CL4 fondo	< 2,2	< 2,2
CL5 sup	< 2,2	< 2,2
CL5 20 m	< 2,2	< 2,2
CL5 40 m	< 2,2	< 2,2
CL5 fondo	< 2,2	< 2,2
CL6 sup	< 2,2	< 2,2
CL6 20 m	< 2,2	< 2,2
CL6 40 m	< 2,2	< 2,2
CL6 fondo	< 2,2	< 2,2
CL7 sup	< 2,2	< 2,2
CL7 20 m	< 2,2	< 2,2
CL7 40 m	< 2,2	< 2,2
CL7 fondo	< 2,2	< 2,2
CL8 sup	< 2,2	< 2,2
CL8 20 m	< 2,2	< 2,2
CL8 40 m	< 2,2	< 2,2
CL8 fondo	< 2,2	< 2,2

### 3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nelle campagne oggetto di questa relazione sono riportate in Tab. 3-IV.

In entrambe le campagne di misura i valori di **Alluminio**, **Cadmio**, **Ferro**, **Piombo**, e **Indio** sono risultati inferiori al LR con qualche rara eccezione. Inoltre, molto spesso le concentrazioni massime dei vari metalli sono state registrate al fondo della stazione CL6

posizionata a 2000 m dalla piattaforma.

L'**Arsenico** è risultato omogeneamente distribuito in entrambi i survey sia orizzontalmente che verticalmente, con valori compresi tra 1,8 e 3,1  $\mu\text{g/L}$  ( $2,2\pm 0,3 \mu\text{g/L}$ ) a febbraio e tra 1,3 e 2,6  $\mu\text{g/L}$  ( $2,1\pm 0,3 \mu\text{g/L}$ ).

Per il **Bario** i risultati sono apparsi più articolati. A febbraio le stazioni più vicine alla piattaforma (CL1, CL2, CL3, CL4) hanno presentato valori nel range 5,7-8,0  $\mu\text{g/L}$  (media  $6,5\pm 0,7 \mu\text{g/L}$ ), mentre in quelle più lontane le concentrazioni sono risultate tutte inferiori al LR eccetto in CL6, fondo. A maggio, invece, questo metallo è stato rilevato ovunque in concentrazioni maggiori alle precedenti nelle stazioni di controllo dove il range è stato 11-16  $\mu\text{g/L}$  (media  $14,8\pm 1,2 \mu\text{g/L}$ ). Nei siti a 100 m da Clara NW il range è stato 8,0-9,5  $\mu\text{g/L}$  con media pari a  $8,6\pm 0,6 \mu\text{g/L}$ .

Il **Cromo** è sempre risultato maggiore nei siti di controllo, anche se in modo più evidente nel 2° monitoraggio. A febbraio, infatti, le concentrazioni medie dei due gruppi di stazioni sono apparse comparabili (CL1-CL4:  $0,83\pm 0,39$ ; CL5-CL8:  $1,11\pm 0,19 \mu\text{g/L}$ ) per la variabilità riscontrata in quelle vicine alla piattaforma, mentre a maggio la differenza è apparsa più netta (CL1-CL4:  $0,29\pm 0,15$ ; CL5-CL8:  $1,32\pm 0,34 \mu\text{g/L}$ ).

I valori di **Mercurio** sono risultati al di sotto del LR nelle stazioni più lontane dalla piattaforma, sia a febbraio che, in molti campioni, a maggio, mentre in quelle più vicine il contenuto del metallo è apparso superiore a maggio, essendo compreso tra 0,077 e 0,140  $\mu\text{g/L}$  ( $0,109\pm 0,016 \mu\text{g/L}$ ), rispetto a febbraio (0,055-0,075  $\mu\text{g/L}$ ,  $0,066\pm 0,006 \mu\text{g/L}$ ).

Il **Nichel** ha presentato una distribuzione geografica piuttosto omogenea a febbraio, quando il range è stato 0,54-1,50  $\mu\text{g/L}$  e la media pari a  $0,95\pm 0,20 \mu\text{g/L}$ , con le concentrazioni maggiori rilevate in CL4. A maggio i tenori sono rimasti simili ai precedenti nelle stazioni di controllo, mentre in quelle a 100 m dalla piattaforma è avvenuta una sensibile diminuzione, come indicato dalle medie (febbraio:  $0,93\pm 0,20$ ; maggio:  $0,27\pm 0,08 \mu\text{g/L}$ ).

Il comportamento del **Rame** è stato articolato, analogamente al Bario: non rilevabile a febbraio nella maggior parte dei campioni prelevati a 2000 m di distanza da Clara NW, è stato quantificato ovunque nei siti a 100 m, con concentrazioni comprese nel range 0,18-1,50  $\mu\text{g/L}$  (media di  $0,53\pm 0,34 \mu\text{g/L}$ ). A maggio, invece, il Rame non è stato quantificato nelle stazioni vicine alla piattaforma mentre è risultato rilevabile in tutti i campioni prelevati a 2000 m eccetto uno, oscillando tra 0,11 a 1,60  $\mu\text{g/L}$ , con questo massimo che, comunque, può essere considerato uno spike (CL7, in superficie).

Il **Vanadio** non ha presentato particolari differenziazioni né geografiche, né temporali, essendo le concentrazioni variabili tra 2,0 e 4,5  $\mu\text{g/L}$  a febbraio, e tra 1,9 e 3,7  $\mu\text{g/L}$  a maggio.

Per quanto concerne lo **Zinco**, le concentrazioni sono risultate superiori al LR solo a febbraio quando, in generale, sono apparse maggiori nei controlli dove in CL6 a 40 m e in CL8 in superficie sono stati raggiunti i massimi (7,4 e 11,0  $\mu\text{g/L}$  rispettivamente). Elevate rispetto alle altre registrate a 100 m di distanza sono apparse le concentrazioni della stazione CL4.

Infine, per il **Silicio** i livelli maggiori sono stati registrati a maggio, quando sono oscillati tra 0,070 e 0,170 mg/L ( $0,066 \pm 0,014$  mg/L) rispetto a febbraio (range 0,040-0,095 mg/L, media  $0,108 \pm 0,029$  mg/L). A maggio, le concentrazioni più alte sono state registrate sul fondo di ogni stazione; a febbraio questa distinzione tra le quote non è apparsa così evidente.

**Tab. 3-IV** - Concentrazioni ( $\mu\text{g/L}$ ; Si in  $\text{mg/L}$ ) di Metalli Pesanti registrate nel corso dei survey condotti a febbraio e maggio 2019.

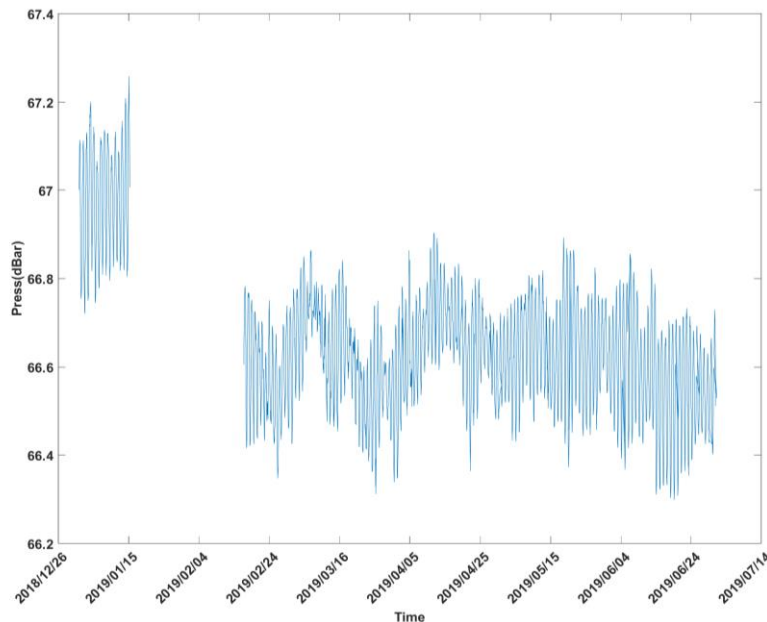
Stazione	Febbraio 2019													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	< 0,1	1,9	6,0	< 0,1	0,53	< 5	0,073	0,98	< 0,1	0,41	3,2	1,50	< 0,1	0,065
CL1 20 m	< 0,1	2,1	6,0	< 0,1	0,69	< 5	0,063	0,84	< 0,1	0,18	3,2	0,55	< 0,1	0,045
CL1 40 m	< 0,1	2,1	5,8	< 0,1	0,72	< 5	0,071	0,93	< 0,1	0,27	3,3	< 0,1	< 0,1	0,075
CL1 fondo	< 0,1	2,3	6,1	< 0,1	0,93	< 5	0,074	0,87	< 0,1	0,53	3,1	0,46	< 0,1	0,070
CL2 sup	< 0,1	2,2	5,7	< 0,1	0,66	< 5	0,065	0,81	< 0,1	0,48	3,5	0,54	< 0,1	0,070
CL2 20 m	< 0,1	2,1	6,7	< 0,1	0,75	< 5	0,070	0,74	< 0,1	0,44	3,2	0,32	< 0,1	0,040
CL2 40 m	< 0,1	2,1	6,7	< 0,1	0,53	< 5	0,064	0,83	< 0,1	0,28	3,4	0,43	< 0,1	0,055
CL2 fondo	< 0,1	2,3	7,1	< 0,1	0,47	< 5	0,075	0,85	< 0,1	0,36	3,1	0,30	< 0,1	0,075
CL3 sup	< 0,1	2,0	8,0	< 0,1	0,57	< 5	0,062	0,84	< 0,1	0,54	3,1	1,40	< 0,1	0,060
CL3 20 m	< 0,1	2,1	6,5	< 0,1	0,81	< 5	0,066	0,75	< 0,1	0,46	3,4	1,60	< 0,1	0,045
CL3 40 m	< 0,1	2,0	6,1	< 0,1	0,57	< 5	0,058	0,73	< 0,1	0,39	3,1	0,52	< 0,1	0,050
CL3 fondo	< 0,1	2,2	6,5	< 0,1	0,55	< 5	0,055	0,86	< 0,1	0,39	2,9	0,20	< 0,1	0,060
CL4 sup	< 0,1	1,9	5,8	< 0,1	1,50	< 5	0,066	1,30	< 0,1	1,50	4,3	4,40	< 0,1	0,045
CL4 20 m	< 0,1	1,8	5,7	< 0,1	1,60	< 5	0,057	1,10	< 0,1	1,00	4,5	2,80	< 0,1	0,055
CL4 40 m	< 0,1	1,9	7,1	0,1	1,60	< 5	0,066	1,4	< 0,1	0,90	4,4	3,10	< 0,1	0,055
CL4 fondo	< 0,1	2,0	7,4	< 0,1	0,87	< 5	0,065	1,10	< 0,1	0,31	3,8	1,60	< 0,1	0,060
CL5 sup	< 0,1	2,3	< 0,1	< 0,1	1,10	< 5	< 0,050	0,93	< 0,1	1,30	3,0	1,80	< 0,1	0,080
CL5 20 m	< 0,1	2,7	< 0,1	< 0,1	1,20	< 5	< 0,050	1,50	< 0,1	< 0,1	4,1	2,40	< 0,1	0,080
CL5 40 m	< 0,1	2,2	< 0,1	< 0,1	0,99	< 5	< 0,050	0,88	< 0,1	< 0,1	2,7	0,85	< 0,1	0,070
CL5 fondo	< 0,1	2,9	< 0,1	< 0,1	1,20	< 5	< 0,050	0,82	< 0,1	< 0,1	3,3	0,89	< 0,1	0,085
CL6 sup	< 0,1	2,6	< 0,1	< 0,1	1,20	< 5	< 0,050	1,00	0,12	0,38	3,6	2,00	< 0,1	0,080
CL6 20 m	< 0,1	2,1	< 0,1	< 0,1	1,40	< 5	< 0,050	0,99	< 0,1	< 0,1	3,0	0,37	< 0,1	0,065
CL6 40 m	< 0,1	2,1	< 0,1	< 0,1	1,30	< 5	< 0,050	1,10	0,13	3,40	3,0	7,40	< 0,1	0,070
CL6 fondo	4,1	2,8	3,8	0,15	< 0,1	7,7	0,076	< 0,1	< 0,1	3,40	3,4	0,65	< 0,1	0,075
CL7 sup	< 0,1	2,5	< 0,1	< 0,1	1,30	< 5	< 0,050	1,00	< 0,1	0,14	3,2	1,00	< 0,1	0,085
CL7 20 m	< 0,1	2,4	< 0,1	< 0,1	1,30	< 5	< 0,050	0,79	< 0,1	< 0,1	3,5	2,90	< 0,1	0,075
CL7 40 m	< 0,1	1,8	< 0,1	< 0,1	0,82	< 5	< 0,050	0,54	< 0,1	< 0,1	2,0	1,10	< 0,1	0,085
CL7 fondo	< 0,1	2,4	< 0,1	< 0,1	0,77	< 5	< 0,050	0,86	< 0,1	< 0,1	2,6	0,36	< 0,1	0,085
CL8 sup	< 0,1	3,1	< 0,1	< 0,1	1,10	< 5	< 0,050	1,10	< 0,1	< 0,1	3,6	11,00	< 0,1	0,055
CL8 20 m	< 0,1	2,3	< 0,1	< 0,1	1,10	< 5	< 0,050	1,10	< 0,1	1,80	2,7	1,20	< 0,1	0,060
CL8 40 m	< 0,1	2,2	< 0,1	< 0,1	0,94	< 5	< 0,050	0,95	< 0,1	< 0,1	3,0	2,20	< 0,1	0,050
CL8 fondo	< 0,1	2,2	< 0,1	< 0,1	0,89	< 5	< 0,050	0,90	< 0,1	< 0,1	3,1	0,59	< 0,1	0,095

Tab. 3-IV – Continuo.

Stazione	Maggio 2019													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	1,5	2,3	8,9	0,14	0,54	< 5	0,130	0,24	< 0,1	< 0,1	2,8	< 0,1	< 0,1	0,110
CL1 20 m	< 0,1	2,2	8,1	0,10	0,37	< 5	0,110	0,30	< 0,1	< 0,1	2,7	< 0,1	< 0,1	0,110
CL1 40 m	< 0,1	2,0	8,1	< 0,1	0,16	< 5	0,110	0,44	< 0,1	< 0,1	2,4	< 0,1	< 0,1	0,110
CL1 fondo	1,9	2,5	9,5	< 0,1	0,11	< 5	0,120	0,17	< 0,1	< 0,1	2,5	< 0,1	< 0,1	0,160
CL2 sup	< 0,1	1,9	8,4	0,14	0,14	< 5	0,120	0,20	< 0,1	< 0,1	2,7	< 0,1	< 0,1	0,100
CL2 20 m	< 0,1	1,9	8,2	0,13	0,27	< 5	0,120	0,19	< 0,1	< 0,1	2,7	< 0,1	< 0,1	0,085
CL2 40 m	< 0,1	2,0	8,0	< 0,1	0,24	< 5	0,110	0,36	< 0,1	< 0,1	2,6	< 0,1	< 0,1	0,110
CL2 fondo	3,0	2,2	9,3	0,12	0,23	< 5	0,120	0,25	< 0,1	< 0,1	2,3	< 0,1	< 0,1	0,140
CL3 sup	< 0,1	2,0	8,5	< 0,1	0,50	< 5	0,099	0,31	< 0,1	< 0,1	2,4	< 0,1	< 0,1	0,095
CL3 20 m	< 0,1	1,9	8,3	< 0,1	0,14	< 5	0,097	0,38	< 0,1	< 0,1	2,7	< 0,1	< 0,1	0,120
CL3 40 m	0,12	1,9	8,1	0,10	0,3	< 5	0,110	0,21	< 0,1	< 0,1	3,0	< 0,1	< 0,1	0,110
CL3 fondo	1,9	2,4	9,5	0,17	0,23	< 5	0,099	0,25	< 0,1	< 0,1	3,0	< 0,1	< 0,1	0,140
CL4 sup	< 0,1	2,0	8,8	< 0,1	< 0,1	< 5	0,086	0,30	< 0,1	< 0,1	2,4	< 0,1	< 0,1	0,075
CL4 20 m	4,2	2,0	8,3	< 0,1	0,30	< 5	0,077	0,20	< 0,1	< 0,1	2,5	< 0,1	< 0,1	0,140
CL4 40 m	0,52	1,9	8,0	< 0,1	< 0,1	< 5	0,140	0,13	< 0,1	< 0,1	2,5	< 0,1	< 0,1	0,085
CL4 fondo	1,0	2,4	9,5	0,11	0,54	< 5	0,097	0,33	< 0,1	< 0,1	2,9	< 0,1	< 0,1	0,160
CL5 sup	< 0,1	2,0	15,0	< 0,1	1,20	< 5	< 0,05	0,99	< 0,1	0,32	3,4	< 0,1	< 0,1	0,070
CL5 20 m	< 0,1	2,1	15,0	< 0,1	1,40	< 5	0,050	1,10	< 0,1	0,22	3,4	< 0,1	< 0,1	0,075
CL5 40 m	< 0,1	2,0	15,0	< 0,1	1,80	< 5	< 0,05	0,98	< 0,1	0,19	3,7	< 0,1	< 0,1	0,085
CL5 fondo	< 0,1	2,3	16,0	< 0,1	1,40	< 5	0,051	1,10	< 0,1	0,16	3,5	< 0,1	< 0,1	0,140
CL6 sup	< 0,1	2,1	15,0	< 0,1	1,50	< 5	< 0,05	0,91	< 0,1	0,39	3,2	< 0,1	< 0,1	0,090
CL6 20 m	< 0,1	2,1	15,0	< 0,1	1,40	< 5	0,050	0,96	< 0,1	0,20	3,6	< 0,1	< 0,1	0,075
CL6 40 m	< 0,1	2,2	15,0	< 0,1	1,60	< 5	< 0,05	1,00	< 0,1	0,18	3,7	< 0,1	< 0,1	0,140
CL6 fondo	< 0,1	2,6	11,0	< 0,1	1,30	< 5	0,120	0,86	< 0,1	< 0,1	3,0	< 0,1	< 0,1	0,170
CL7 sup	< 0,1	1,3	14,0	< 0,1	0,27	< 5	< 0,05	0,81	< 0,1	1,60	1,9	< 0,1	< 0,1	0,080
CL7 20 m	< 0,1	2,0	15,0	< 0,1	1,50	< 5	0,054	0,96	< 0,1	0,18	3,4	< 0,1	< 0,1	0,090
CL7 40 m	< 0,1	2,1	15,0	< 0,1	1,20	< 5	0,053	0,87	< 0,1	0,11	3,1	< 0,1	< 0,1	0,085
CL7 fondo	< 0,1	2,4	16,0	< 0,1	1,00	< 5	< 0,05	0,92	< 0,1	0,13	3,2	< 0,1	< 0,1	0,140
CL8 sup	< 0,1	2,0	15,0	< 0,1	1,50	< 5	< 0,05	0,77	< 0,1	0,35	3,7	4,2	< 0,1	0,085
CL8 20 m	< 0,1	2,1	15,0	< 0,1	1,20	< 5	0,051	0,97	< 0,1	0,17	3,7	< 0,1	< 0,1	0,075
CL8 40 m	< 0,1	2,1	14,0	< 0,1	1,40	< 5	< 0,05	0,98	< 0,1	0,21	3,3	< 0,1	< 0,1	0,090
CL8 fondo	< 0,1	2,5	16,0	< 0,1	1,50	< 5	< 0,05	0,96	< 0,1	0,19	3,7	< 0,1	< 0,1	0,100

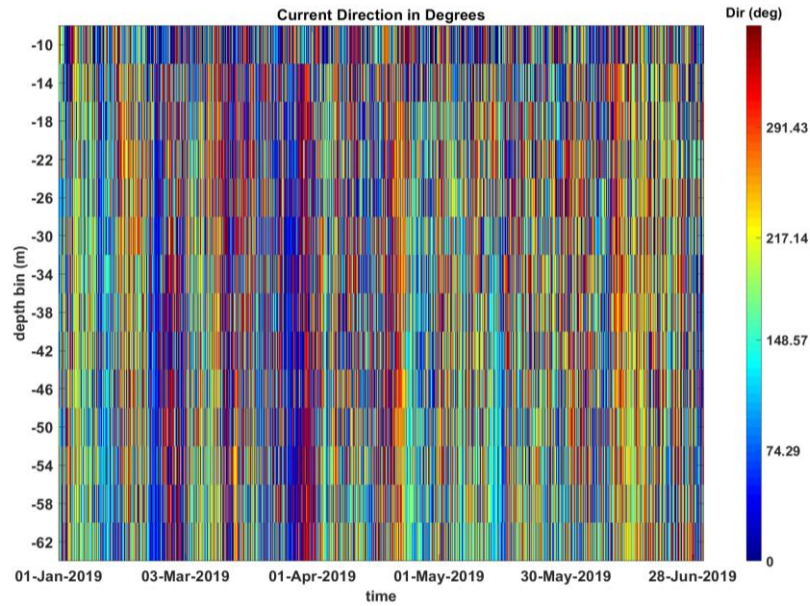
### 3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione (fig. 3.15) denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero semestre di osservazione; infatti, non sono avvenuti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. Durante gli ultimi giorni gennaio e i primi di febbraio (in concomitanza con il recupero e la messa in mare dell'ormeggio) risulta un errore sui dati misurati che non consente la rappresentazione grafica. La variazione di pressione a febbraio è dovuta al recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.

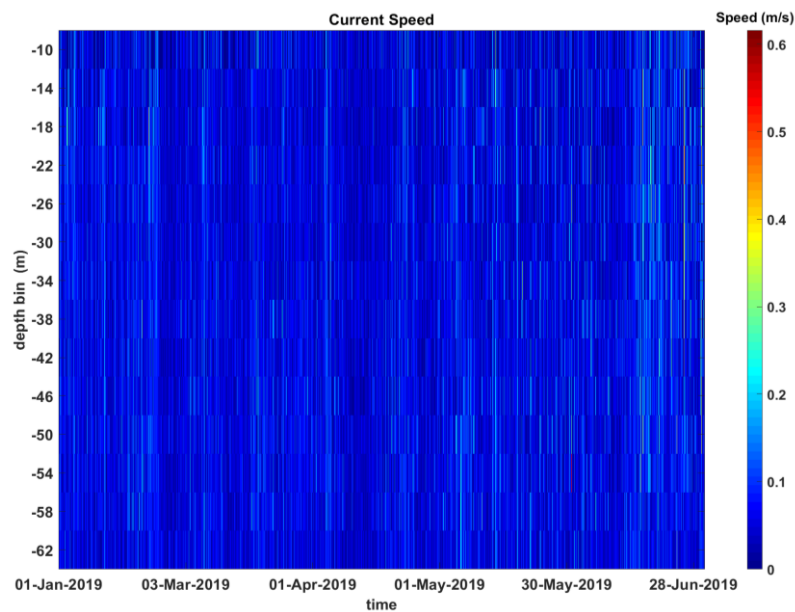


**Fig. 3.15** - Pressione misurata nel periodo gennaio - giugno 2019 dal correntometro posizionato presso Clara NW.

Per quanto concerne le misure correntometriche (figg. 3.16 - 3.18), nel 1° semestre 2019 la corrente ha avuto un andamento variabile caratterizzato da oscillazioni tra le direzioni settentrionali e meridionali. In particolare in gennaio la direzione prevalente è stata Sud-Ovest con rotazione verso Sud-Est e velocità non superiori a 0,1 m/s. Durante i mesi di febbraio e marzo la direzione prevalente è stata Nord-Est con alcune brevi rotazioni verso Sud-Ovest. Nel periodo aprile - giugno la direzione che la corrente ha assunto con maggior frequenza è stata verso Sud-Ovest, con rapide oscillazioni verso Nord-Est e picchi di velocità fino a 0,3 m/s.

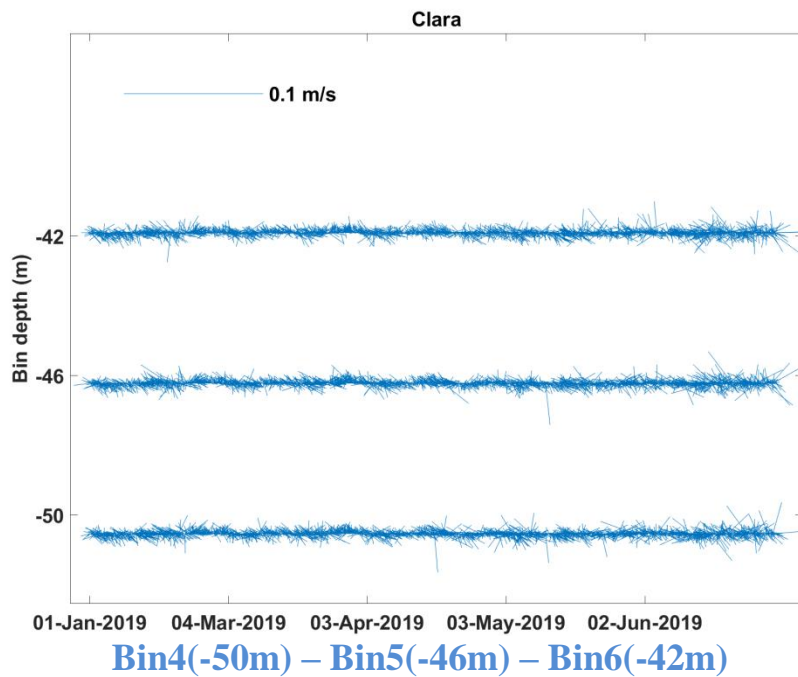
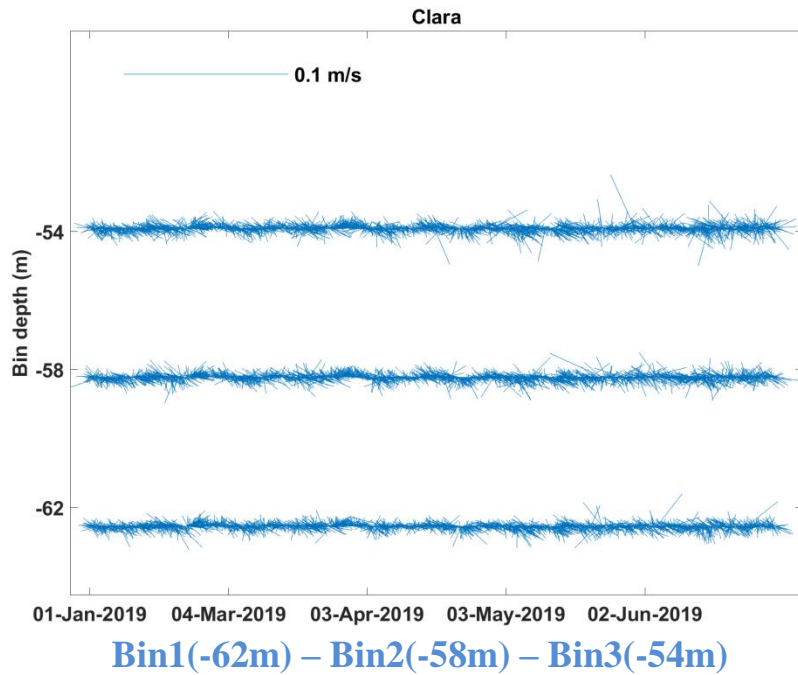


**Fig. 3.16** - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.

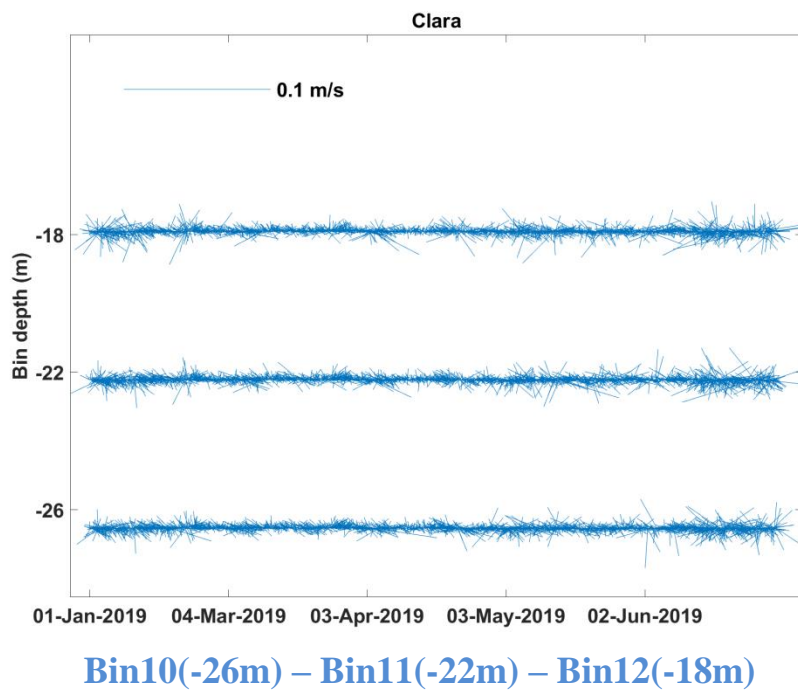
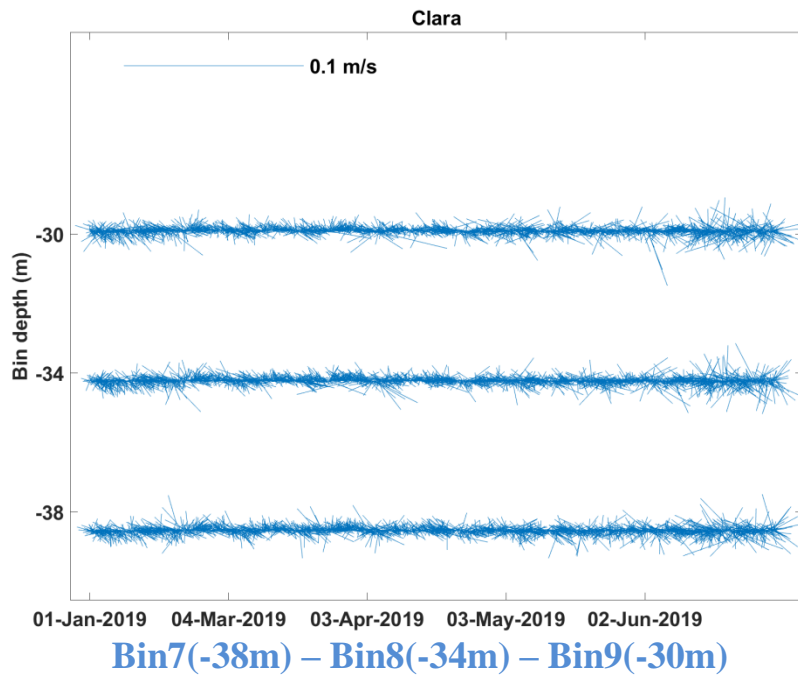


**Fig. 3.17** - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.

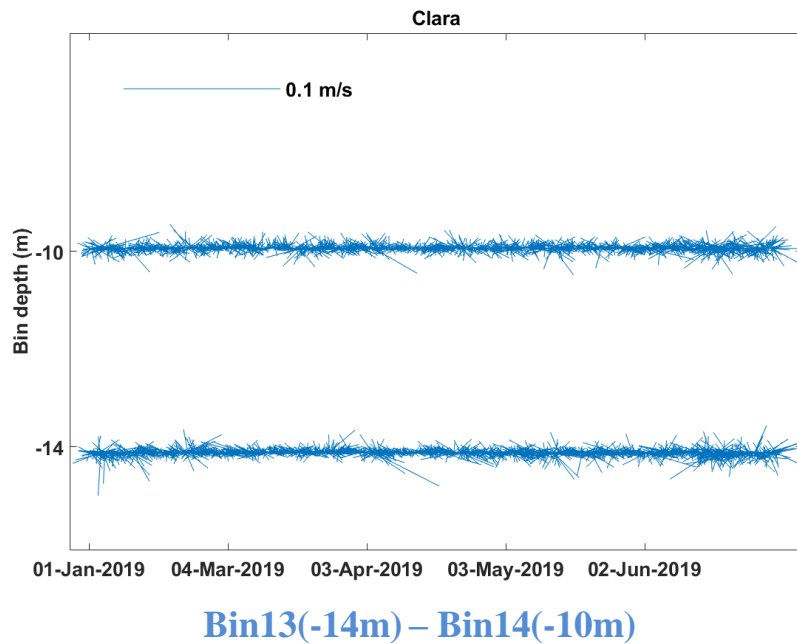




**Fig. 3.18** - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.

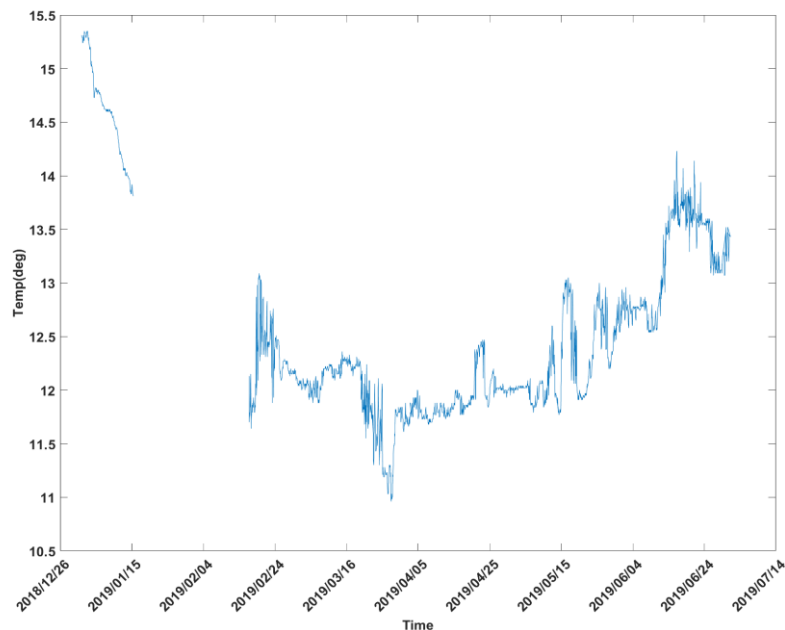


**Fig. 3.18** – Continuo.



**Fig. 3.18** – Continuo.

L'andamento della temperatura rilevata sul fondo durante il periodo in esame ha subito un decremento tra i mesi di gennaio e marzo, da circa 15°C a circa 11°C, per poi risalire fino a circa 14°C a giugno (fig. 3.19). Durante gli ultimi giorni gennaio e i primi di febbraio (in concomitanza con il recupero e la messa in mare dell'ormeggio) risulta un errore sui dati misurati che non consente la rappresentazione grafica.

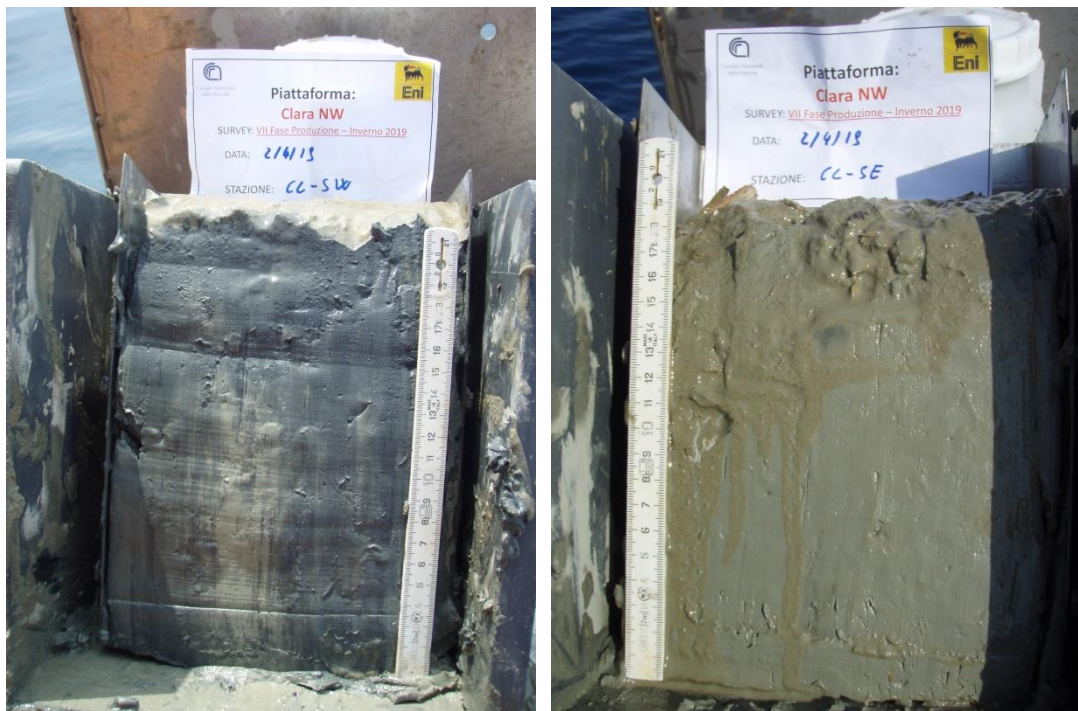


**Fig. 3.19** - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.

### 3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

#### 3.3.1. GRANULOMETRIA

Nell'inverno 2019 all'analisi visiva i campioni si presentavano color nocciola con un sottile strato idrato in superficie eccetto il campione prelevato da CL SW quasi completamente anossico (fig. 3.20).



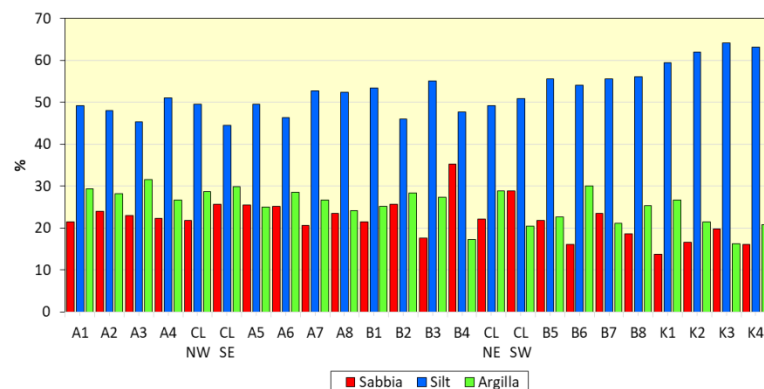
**Fig. 3.20** - Inverno 2019. Campione di sedimento prelevato da CL SW quasi completamente anossico confrontato con il campione prelevato da un altro sito a ridosso della piattaforma (CL SE).

L'analisi granulometrica (Tab. 3-V, fig. 3.21) ha confermato il silt come frazione dominante in tutti i campioni, con percentuali comprese tra 44,5% (CL SE) e 64,1% (K3). Lungo il transetto A, in prossimità della piattaforma e in alcune stazioni appartenenti al transetto B (B1, B2, B5 e B7), i sedimenti sono risultati costituiti per metà da silt e, per l'altra metà, da percentuali simili di sabbia e argilla, e pertanto sono stati classificati come Loam (All. B).

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b) si registra un lieve incremento di sabbia lungo i transetti, maggiore di circa il 10% solo nelle stazioni A6 e CL SW, mentre i controlli presentano un diffuso incremento di silt.

**Tab. 3-V** - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nell'inverno 2019. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in rosso.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Shepard
		Silt	Argilla	
A1	21,4	49,2	29,4	Loam
A2	23,9	48,0	28,2	Loam
A3	23,0	45,4	31,6	Loam
A4	22,3	51,0	26,7	Loam
CL NW	21,8	49,5	28,7	Loam
CL SE	25,7	44,5	29,8	Loam
A5	25,5	49,5	25,0	Loam
A6	25,2	46,3	28,5	Loam
A7	20,6	52,7	26,7	Loam
A8	23,4	52,4	24,2	Loam
B1	21,5	53,4	25,1	Loam
B2	25,6	46,0	28,4	Loam
B3	17,6	55,1	27,3	Silt argilloso
B4	35,3	47,6	17,2	Silt sabbioso
CL NE	22,1	49,2	28,8	Loam
CL SW	28,9	50,8	20,4	Loam
B5	21,8	55,6	22,6	Loam
B6	16,0	54,1	30,0	Silt argilloso
B7	23,4	55,6	21,1	Loam
B8	18,6	56,0	25,4	Silt argilloso
K1	13,8	59,4	26,7	Silt argilloso
K2	16,6	62,0	21,4	Silt argilloso
K3	19,7	64,1	16,3	Silt sabbioso
K4	16,1	63,1	20,8	Silt argilloso



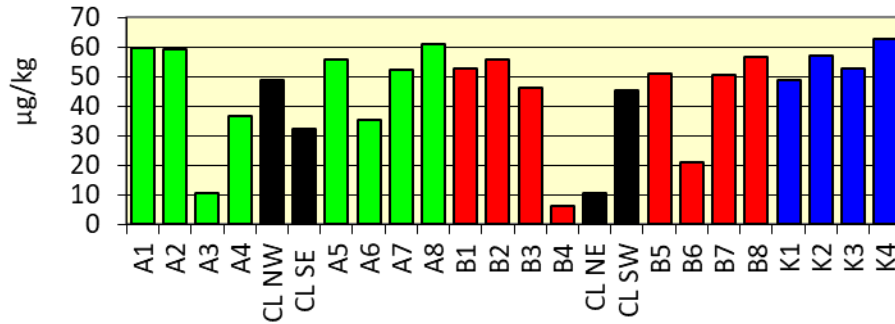
**Fig. 3.21** - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'inverno 2019.

### 3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici sono stati rilevati in tutte le stazioni ma sempre in concentrazioni molto basse; Acenaftene, Acenaftilene, Antracene e Fenantrene non sono stati quantificati affatto e gli altri idrocarburi, laddove presenti, sono risultati inferiori sia ai valori chimici di Riferimento Nazionale L1 (DM 173/2016), sia ai valori cautelativi per le

sostanze pericolose prioritarie (PP) indicati da ICRAM-APAT (2007).

Di conseguenza anche le concentrazioni degli IPA totali sono apparse estremamente basse (fig. 3.22) a confermare l'assenza di contaminazione dell'area come in precedenza (Fabi *et al.*, 2019b). Non si rilevano variazioni degne di nota rispetto al pre-survey.



**Fig. 3.22** - Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) di IPA nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero.

**Tab. 3-VI** - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB e i valori chimici cautelativi per le sostanze Pericolose Prioritarie (PP) indicati da ICRAM-APAT (2007) e nel DM 173/2016. LQ = limite di rilevabilità strumentale.

	DM 173/16	LCB/PP	7° survey post lavori (inverno 2019)																							
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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 (24)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	1,7	1,9	<LQ	1,4	1,4	1,0	1,7	1,2	1,6	2,0	1,5	1,7	1,5	<LQ	1,1	1,5	1,6	<LQ	1,6	1,7	1,5	1,7	1,7	2,1
Benzo (a) pirene	80	80 (30)*	2,0	2,3	<LQ	1,9	1,9	1,2	2,1	1,4	2,0	2,4	1,9	2,0	1,8	<LQ	<LQ	1,7	2,0	<LQ	2,0	2,1	1,8	2,0	2,0	2,5
Benzo (b) fluorantene	40	40	12,8	11,0	3,0	7,0	9,6	7,5	11,3	7,1	11,0	12,1	11,2	12,5	9,3	2,0	<LQ	10,0	10,6	4,9	10,5	13,1	10,2	13,1	12,3	12,8
Benzo (g, h,i) perilene	55	55	9,2	8,8	2,0	5,4	7,6	4,8	8,0	5,0	7,7	8,7	7,3	7,7	6,6	1,4	<LQ	5,8	7,2	3,2	7,0	7,6	6,8	7,5	7,0	8,2
Benzo (k) fluorantene	20	20	4,6	4,0	1,1	2,7	3,5	2,7	4,0	2,5	3,9	4,3	4,0	4,5	3,4	<LQ	<LQ	3,7	3,8	1,8	3,8	4,8	3,7	4,7	4,4	4,6
Crisene	108	108	2,5	2,7	<LQ	1,9	2,0	1,4	2,5	1,7	2,4	3,0	2,4	2,5	2,2	<LQ	1,7	2,0	2,3	1,3	2,5	2,5	2,4	2,6	2,5	3,0
Dibenzo (a, h) antracene		6	1,7	1,7	<LQ	1,1	1,4	<LQ	1,5	1,0	1,3	1,5	1,3	1,4	1,3	<LQ	<LQ	1,1	1,3	<LQ	1,3	1,4	1,2	1,4	1,4	1,6
Fenantrene	87	87	3,3	3,7	1,2	2,2	3,0	2,2	3,7	2,8	3,5	4,2	3,6	3,7	3,3	1,2	2,7	3,1	3,4	2,0	3,5	3,7	3,5	3,8	3,7	4,6
Fluorantene	110	113	3,4	<LQ	<LQ	2,3	2,8	2,0	3,3	2,5	3,2	3,8	3,1	3,3	2,8	<LQ	2,4	3,5	3,0	1,4	3,1	3,3	3,0	3,4	3,3	4,0
Fluorene	21	21	<LQ	14,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	70	15,8	1,1	3,2	8,8	12,4	7,5	13,3	7,8	12,4	14,2	12,1	12,8	10,8	1,7	<LQ	9,9	12,7	5,1	11,9	13,6	11,7	12,9	12,0	14,1
Naftalene	35	35	<LQ	3,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	1,0	1,1	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	<LQ	1,1
Pirene	153	153	2,7	3,6	<LQ	2,1	3,2	2,2	3,6	2,4	3,2	4,0	3,0	2,7	3,1	<LQ	2,7	2,9	3,3	1,5	3,3	2,7	3,0	2,7	2,7	4,1
<b>Totale</b>		<b>900</b>	<b>59,7</b>	<b>59,1</b>	<b>10,5</b>	<b>36,9</b>	<b>48,8</b>	<b>32,4</b>	<b>55,9</b>	<b>35,4</b>	<b>52,2</b>	<b>61,1</b>	<b>52,6</b>	<b>55,8</b>	<b>46,1</b>	<b>6,4</b>	<b>10,5</b>	<b>45,3</b>	<b>51,2</b>	<b>21,2</b>	<b>50,7</b>	<b>56,6</b>	<b>48,7</b>	<b>57,1</b>	<b>52,9</b>	<b>62,6</b>

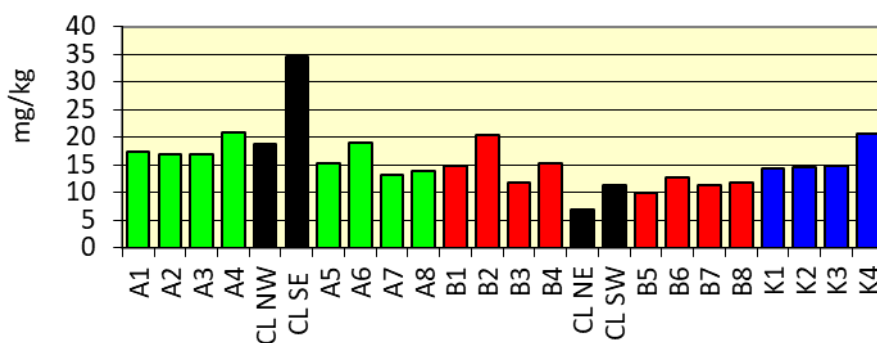
### 3.3.3. IDROCARBURI TOTALI

Le concentrazioni degli idrocarburi leggeri ( $C < 12$ ) sono risultate in tutti i casi al di sotto del limite di quantificazione, analogamente a quanto emerso nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2019b).

Per quanto riguarda gli idrocarburi pesanti ( $C > 12$ ; Tab. 3-VII; fig. 3.23), le analisi testimoniano la presenza di basse concentrazioni sia lungo i transetti, sia nei controlli, senza rilevare anomalie da ricondurre alla presenza della piattaforma eccetto in CL SE dove è stato registrato un incremento che ha portato a un tenore (34,5 mg/kg) circa doppio rispetto alla media dei controlli ( $\pm$  dev. st;  $16,1 \pm 3,0$  mg/kg). In ogni caso, gli idrocarburi pesanti sono ampiamente inferiori a quelli rilevati nel pre-survey in tutte le stazioni eccetto in CL SE dove, prima dell'installazione della piattaforma, queste sostanze non erano state quantificate (Fabi *et al.*, 2019b).

**Tab. 3-VII** - Idrocarburi pesanti  $C > 12$  (mg/kg) rilevati nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

A1	17,4	B1	14,7	K1	14,3
A2	17,0	B2	20,5	K2	14,7
A3	16,8	B3	11,8	K3	14,9
A4	20,8	B4	15,3	K4	20,6
CL NW	18,8	CL NE	7,0		
CL SE	34,5	CL SW	11,4		
A5	15,3	B5	9,9		
A6	19,1	B6	12,8		
A7	13,3	B7	11,2		
A8	13,9	B8	11,7		



**Fig. 3.23** - Idrocarburi pesanti ( $C > 12$ ) rilevati nell'inverno 2019. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero.



### 3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'inverno 2019 sono riportati in fig. 3.24 e in Tab. 3-VIII. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai Livelli Chimici di Riferimento Nazionali (di seguito LCRN) indicati nel DM 173 2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità (SQA) riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale (50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

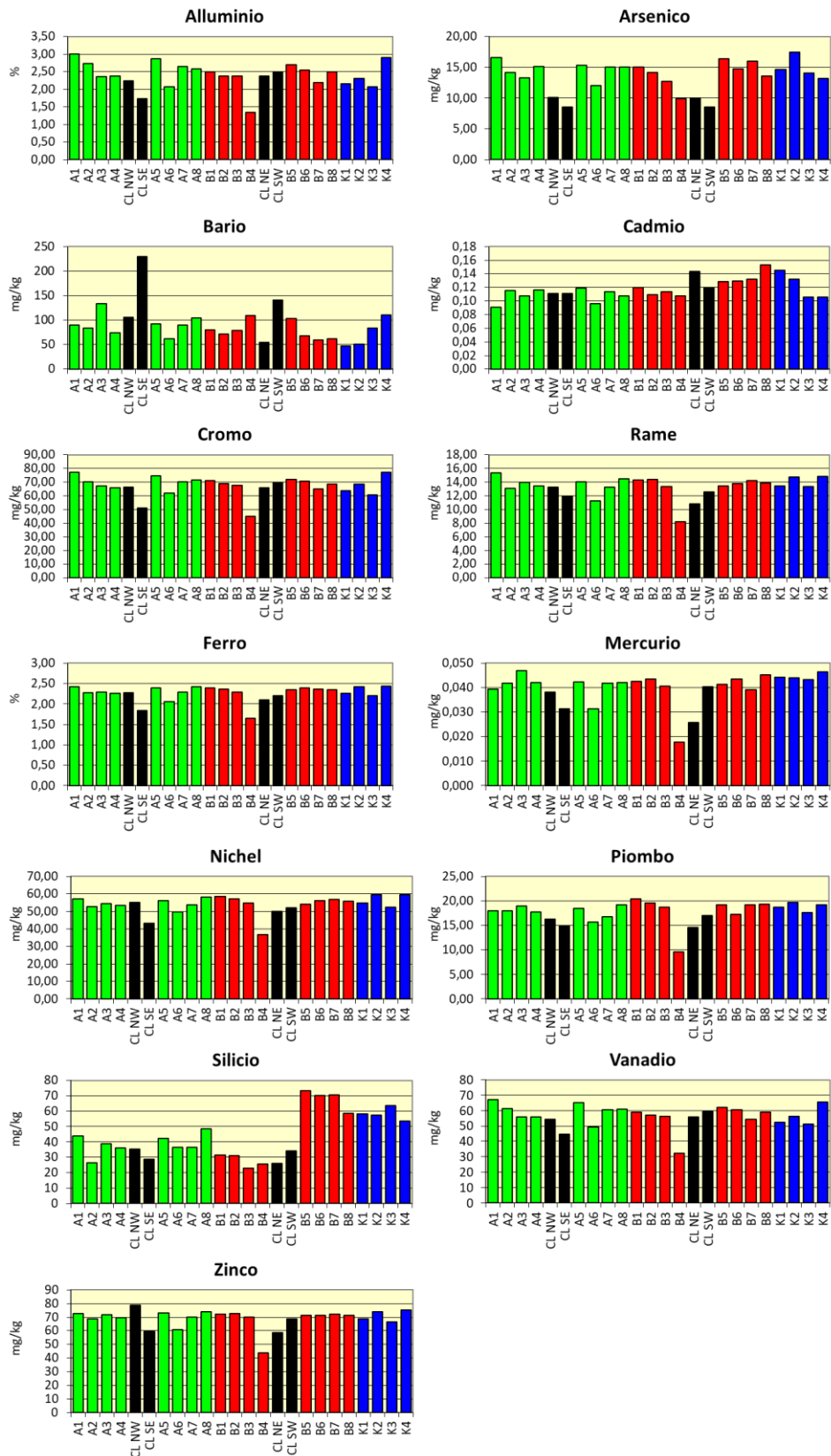
**Alluminio** – Le percentuali di alluminio relative al 7° survey post lavori di installazione sono risultate basse e mediamente paragonabili tra transetti, siti CL e controlli ( $\pm$  dev.st.; A:  $2,58 \pm 0,31$ ; B:  $2,31 \pm 0,43$ ; CL:  $2,21 \pm 0,33$ ; K:  $2,36 \pm 0,55\%$ ). Non ci sono anomalie da segnalare e rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b) è avvenuto un lieve decremento.

**Arsenico** – Le concentrazioni di arsenico determinate lungo i transetti e nei siti prossimi a Clara NW sono risultate inferiori o paragonabili ai riferimenti (A:  $14,56 \pm 1,38$ ; B:  $14,04 \pm 2,05$ ; CL:  $9,26 \pm 0,87$ ; K:  $14,81 \pm 1,87$  mg/kg). In quasi tutti i siti A e B i tenori sono maggiori dell'LCRN in analogia a quanto osservato nei controlli. Presso Clara NW, invece, si registrano i valori più bassi tutti inferiori all'LCRN. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b) le variazioni nell'area circostante la piattaforma sono state minime, mentre ai controlli è avvenuto un lieve incremento.

**Bario** – Le concentrazioni di bario lungo i transetti sono apparse complessivamente modeste e sostanzialmente in linea con la media dei controlli ( $73,34 \pm 29,82$  mg/kg). Anche il tenore medio presso la piattaforma è apparso confrontabile con quello dei riferimenti, ma in CL SE la concentrazione, pari a  $229,94$  mg/kg, è risultata 3 volte la media dei siti K e più che doppia rispetto alla media dei controlli nel pre,survey; per questo motivo, è stata eseguita l'estrazione sequenziale riportata nel Cap. 3.3.4.1.

Dunque, come già sottolineato in precedenza (Fabi *et al.*, 2019b), questo metallo risulta influenzato dalla piattaforma. Tuttavia i segnali di alterazione degni di nota sono stati segnalati nel 5° post lavori e non sono stati confermati nei survey successivi, indicando una tendenza al ritorno alle condizioni di pre-installazione.

**Cadmio** – I tenori di cadmio sono risultati diffusamente modesti e, come in precedenza (Fabi *et al.*, 2019b), molto omogenei tra loro e ampiamente inferiori all'LCRN.



**Fig. 3.24** - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nell'inverno 2019. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Non è riportato l'indio in quanto non rilevabile ovunque.

**Tab. 3-VIII** - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. In rosso le stazioni corrispondenti a Clara NW. I superamenti dell'LCRN (DM 173/2016) sono evidenziati in grassetto.

	Alluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cromo	Rame	Ferro	Indio	Mercurio	Nichel	Piombo	Silicio	Vanadio	Zinco
LCRN	-	12	-	0,3	50	40	-	-	0,3	30	30	-	-	100
A1	3,01	<b>16,53</b>	90,02	0,091	<b>77,20</b>	15,35	2,42	< 0,02	0,039	<b>57,28</b>	17,96	43,60	67,18	72,84
A2	2,73	<b>14,10</b>	83,70	0,116	<b>70,34</b>	13,10	2,27	< 0,02	0,042	<b>52,86</b>	17,99	26,26	61,46	68,78
A3	2,36	<b>13,29</b>	133,49	0,108	<b>66,94</b>	13,94	2,29	< 0,02	0,047	<b>54,41</b>	18,91	38,63	55,98	71,83
A4	2,37	<b>15,12</b>	73,83	0,116	<b>65,71</b>	13,41	2,26	< 0,02	0,042	<b>53,53</b>	17,71	36,03	55,92	69,46
CL NW	<b>2,24</b>	<b>10,10</b>	<b>105,91</b>	<b>0,111</b>	<b>66,34</b>	<b>13,22</b>	<b>2,27</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,038</b>	<b>55,10</b>	<b>16,26</b>	<b>35,36</b>	<b>54,49</b>	<b>78,58</b>
CL SE	<b>1,74</b>	<b>8,53</b>	<b>229,94</b>	<b>0,111</b>	<b>51,11</b>	<b>11,98</b>	<b>1,84</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,031</b>	<b>43,06</b>	<b>14,89</b>	<b>28,59</b>	<b>44,63</b>	<b>59,40</b>
A5	2,87	<b>15,33</b>	92,65	0,119	<b>74,60</b>	14,07	2,39	< 0,02	0,042	<b>56,23</b>	18,44	42,19	65,00	73,14
A6	2,06	<b>12,05</b>	61,41	0,096	<b>61,77</b>	11,23	2,05	< 0,02	0,031	<b>49,52</b>	15,65	36,51	49,23	61,07
A7	2,65	<b>15,06</b>	90,28	0,114	<b>70,00</b>	13,21	2,29	< 0,02	0,042	<b>53,65</b>	16,76	36,24	60,61	70,14
A8	2,57	<b>15,01</b>	104,54	0,107	<b>71,34</b>	14,47	2,42	< 0,02	0,042	<b>58,32</b>	19,16	48,61	60,90	73,90
B1	2,49	<b>15,00</b>	79,65	0,120	<b>70,91</b>	14,32	2,39	< 0,02	0,043	<b>58,34</b>	20,45	31,35	58,82	72,19
B2	2,37	<b>14,15</b>	71,62	0,110	<b>68,69</b>	14,35	2,36	< 0,02	0,043	<b>57,05</b>	19,51	30,94	57,19	72,48
B3	2,38	<b>12,68</b>	78,82	0,114	<b>67,64</b>	13,30	2,28	< 0,02	0,041	<b>54,74</b>	18,68	22,70	56,13	70,21
B4	1,33	9,92	109,25	0,107	44,81	8,15	1,64	< 0,02	0,018	<b>36,59</b>	9,58	25,65	32,28	44,02
CL NE	<b>2,37</b>	<b>9,94</b>	<b>54,72</b>	<b>0,143</b>	<b>65,83</b>	<b>10,82</b>	<b>2,10</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,026</b>	<b>49,94</b>	<b>14,59</b>	<b>25,92</b>	<b>55,88</b>	<b>58,49</b>
CL SW	<b>2,49</b>	<b>8,50</b>	<b>140,89</b>	<b>0,119</b>	<b>69,62</b>	<b>12,52</b>	<b>2,20</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>0,040</b>	<b>52,06</b>	<b>17,00</b>	<b>33,93</b>	<b>59,29</b>	<b>68,72</b>
B5	2,69	<b>16,32</b>	103,61	0,129	<b>71,73</b>	13,41	2,34	< 0,02	0,041	<b>54,24</b>	19,16	73,40	62,21	71,16
B6	2,54	<b>14,75</b>	68,44	0,129	<b>70,60</b>	13,77	2,38	< 0,02	0,043	<b>56,27</b>	17,25	70,21	60,32	71,42
B7	2,19	<b>15,94</b>	59,56	0,132	<b>64,94</b>	14,24	2,36	< 0,02	0,039	<b>56,82</b>	19,16	70,54	54,27	72,31
B8	2,49	<b>13,55</b>	61,41	0,153	<b>68,37</b>	13,90	2,35	< 0,02	0,045	<b>55,88</b>	19,32	58,65	59,14	71,17
K1	2,16	<b>14,58</b>	47,34	0,145	<b>63,58</b>	13,43	2,26	< 0,02	0,044	<b>54,86</b>	18,70	58,28	52,51	68,63
K2	2,30	<b>17,46</b>	51,43	0,132	<b>68,56</b>	14,72	2,42	< 0,02	0,044	<b>59,62</b>	19,67	57,31	56,34	74,01
K3	2,07	<b>14,03</b>	83,79	0,106	<b>60,75</b>	13,34	2,21	< 0,02	0,043	<b>52,44</b>	17,62	63,57	51,35	66,62
K4	2,90	<b>13,16</b>	110,79	0,106	<b>77,05</b>	14,82	2,44	< 0,02	0,047	<b>59,51</b>	19,24	53,63	65,47	75,13

**Cromo** – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2019 nei siti A, B e CL sono risultate inferiori o in linea con i riferimenti. Il superamento dell’LCRN osservato ovunque eccetto in B4 non è imputabile alla piattaforma essendo stato osservato già prima della sua installazione (Fabi *et al.*, 2019b) e parimenti lungo i transetti e nei riferimenti.

**Rame** – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2019 nell’area circostante Clara NW sono risultate inferiori o in linea con quelle dei riferimenti. Tutte sono apparse inoltre paragonabili al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b) e inferiori all’LCRN.

**Ferro** – Le concentrazioni medie rilevate nell’inverno 2019 nei siti A, B, CL e controlli sono risultate omogenee tra loro (A:  $2,30 \pm 0,12$ ; B:  $2,26 \pm 0,25$ ; CL:  $2,10 \pm 0,19$ ; K:  $2,33 \pm 0,12$  mg/kg) e in linea con quelle registrate prima della installazione di Clara NW (Fabi *et al.*, 2019b).

**Indio** – L’indio è risultato inferiore al limite di quantificazione (0,02 mg/kg) in tutte le stazioni. Precedentemente era stato rilevato solo in qualche sito durante i lavori di installazione e nei primi due survey post lavori (Fabi *et al.*, 2019b).

**Mercurio** – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2019 nei siti A, B e CL sono risultate inferiori o in linea con quelle dei riferimenti. Tutte sono inoltre apparse paragonabili o inferiori al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b) e notevolmente più basse dell’LCRN.

**Nichel** – In nichel è risultato omogeneamente distribuito (A:  $54,47 \pm 2,79$ ; B:  $53,74 \pm 7,05$ ; CL:  $50,04 \pm 5,11$ ; K:  $56,61 \pm 3,55$  mg/kg). Tutte le concentrazioni sono inoltre apparse simili a quelle registrate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b). Il superamento dell’LCRN in tutti i siti inclusi i controlli non è imputabile alla piattaforma, anche perché era stato osservato anche prima della sua installazione.

**Piombo** – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2019 nei siti A, B e CL sono apparse inferiori o in linea con i riferimenti e tutte ampiamente inferiori all’LCRN. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b) è avvenuto un incremento che, essendo stato registrato anche nei controlli, non è imputabile alla presenza della piattaforma.

**Silicio** – I valori di silicio presso Clara NW, lungo il transetto A e lungo il ramo settentrionale del transetto B sono risultati inferiori ai controlli. Quelli invece relativi al ramo meridionale del transetto B sono apparsi più elevati e in linea o leggermente maggiori rispetto ai riferimenti e rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b). Comunque, le differenze con la fase antecedente l’installazione sono da ritenere trascurabili.

**Vanadio** – Tutte le concentrazioni rilevate nell’ultimo monitoraggio sono risultate in linea tra loro, come si evince anche dal raffronto dei valori medi (A: 59,5±5,69; B: 55,05±9,52; CL: 53,57±6,30; K: 56,42±6,40 mg/kg). Non ci sono anomalie da segnalare neanche rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b).

**Zinco** – Lo zinco è apparso omogeneamente distribuito (A: 70,15±4,11; B: 68,12±9,77; CL: 66,29±9,40; K: 71,10±4,12 mg/kg). Tutte le concentrazioni sono inoltre paragonabili al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b) e inferiori all’LCRN.

### 3.3.4.1 Estrazione sequenziale del bario

Anche se il bario è un metallo che non rientra tra quelli Normati dal DM 173-2016 e non è noto per la tossicità ambientale, essendo la concentrazione rilevata nell’inverno 2019 in CL SE più che doppia rispetto alla media del pre-survey (83,94±34,74 mg/kg) si è ritenuto opportuno valutarne la biodisponibilità. Dai risultati ottenuti è emersa una ripartizione equa tra frazione non biodisponibile (49,3%) e frazione biodisponibile (50,7%; Tab. 3-IX). Comunque, la frazione biodisponibile si è attestata su un valore molto inferiore al doppio della concentrazione media del pre-survey, valore preso come riferimento e che può essere considerato come limite cautelativo.

**Tab. 3-IX** – Risultati dell’estrazione sequenziale del bario eseguita sul campione prelevato dal sito CL SE nell’inverno 2019.

Bario	Concentrazione totale (mg/kg)	Frazione potenzialmente Biodisponibile ( $\Sigma F1+F2+F3$ )	Frazione non Biodisponibile	Frazione potenzialmente Biodisponibile ( $\Sigma F1+F2+F3$ )	Frazione non Biodisponibile
		mg/kg		percentuale	
CL SE	229,94	116,62	113,3	50,7	49,3

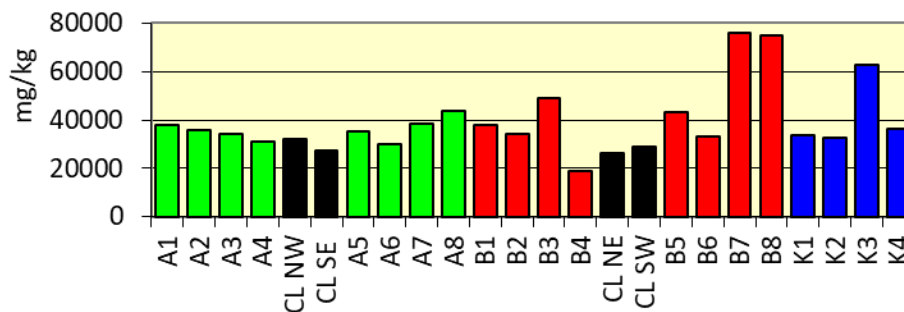
### 3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

Le concentrazioni di sostanza organica rilevate durante il 7° survey post lavori di installazione (Tab. 3-X e fig. 3.25) sono risultate mediamente confrontabili tra transetti e riferimenti (A: 35842±4270; B: 45904±20249; K: 41301±14354 mg/kg). Tuttavia merita sottolineare i picchi di concentrazione presso B7 (76144 mg/kg) e B8 (74937 mg/kg) superiori, anche se di non molto, al controllo K3 caratterizzato dal contenuto di sostanza organica maggiore tra i riferimenti (62678 mg/kg). In questi tre siti sono stati raggiunti i massimi assoluti dell’intero periodo di indagine (Fabi *et al.*, 2019b).

Presso Clara NW sono stati registrati valori più modesti (28732±2695 mg/kg).

**Tab. 3-X** – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell’inverno 2019. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

A1	37980	B1	37850	K1	33564
A2	35890	B2	34205	K2	32449
A3	34134	B3	48883	K3	62678
A4	31295	B4	18885	K4	36515
CL NW	32346	CL NE	26284		
CL SE	27134	CL SW	29163		
A5	35359	B5	43279		
A6	30152	B6	33047		
A7	38276	B7	76144		
A8	43647	B8	74937		



**Fig. 3.25** - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell’inverno 2019. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Clara NW.

### 3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

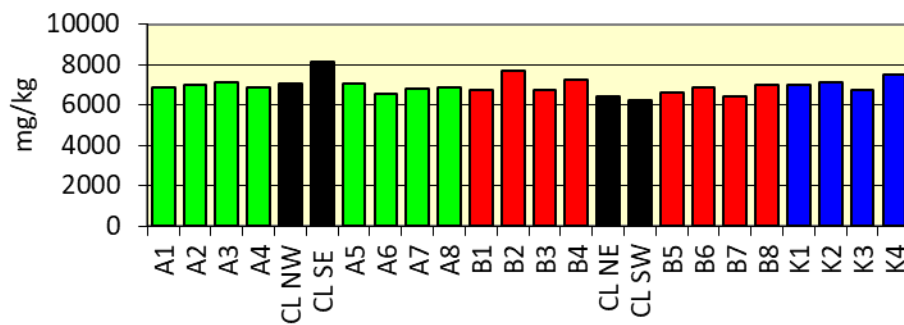
Le concentrazioni di TOC osservate nell’inverno 2019 lungo i transetti e presso Clara NW sono risultate del tutto confrontabili con quelle dei riferimenti (Tab. 3XI e fig. 3.26), come si evince anche dal confronto dei valori medi (A:  $6910 \pm 168$ ; B:  $6927 \pm 407$ ; CL:  $6970 \pm 850$ ; K:  $7110 \pm 325$  mg/kg).

Si evidenzia un massimo in CL SE (8130 mg/kg) che supera in valore assoluto anche i riferimenti K2 (7160 mg/kg) e K4 (7520 mg/kg). Si tratta comunque di una differenza modesta.

Rispetto al pre-survey, quando non era risultato quantificabile in molti siti (Fabi *et al.*, 2019b), il TOC è aumentato un po’ ovunque in maniera confrontabile.

**Tab. 3-XI** – Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell’inverno 2019. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

A1	6900	B1	6750	K1	7020
A2	7030	B2	7730	K2	7160
A3	7130	B3	6730	K3	6740
A4	6890	B4	7260	K4	7520
CL NW	7070	CL NE	6430		
CL SE	8130	CL SW	6250		
A5	7040	B5	6640		
A6	6580	B6	6880		
A7	6830	B7	6430		
A8	6880	B8	6990		



**Fig. 3.26** - Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell’inverno 2019. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Clara NW.

### 3.4. INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

#### 3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC – Nell’inverno 2019 il valore di EC50 con  $K_2Cr_2O_7 = 14,99$  mg/l (come cromo) (LC=12,49 e UC=12,88 mg/l) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio; i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore  $\geq 16$ ).

Risultati del saggio - I risultati del saggio condotto nel 7° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XII, contestualmente ai principali parametri (salinità e pH) misurati nell’elutriato. In nessun campione è emersa la presenza di tossicità, come nei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019b).

**Tab. 3-XII** - Parametri di contorno e risultati del saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nel 7° survey post lavori. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

campione	Salinità (‰)	pH	$\Delta G$ (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
A3	34	8,05	-2,64	$\geq 90$	>100	Assente
A4	34	8,20	3,60	$\geq 90$	>100	Assente
CL NW	34	8,15	6,95	$\geq 90$	>100	Assente
CL SE	34	8,10	7,91	$\geq 90$	>100	Assente
A5	34	7,98	18,94	$\geq 90$	>100	Assente
A6	34	8,07	11,51	$\geq 90$	>100	Assente
B3	34	8,07	6,00	$\geq 90$	>100	Assente
B4	34	8,13	17,51	$\geq 90$	>100	Assente
CL NE	34	8,12	-3,60	$\geq 90$	>100	Assente
CL SW	34	8,19	-0,24	$\geq 90$	>100	Assente
B5	34	8,19	-8,87	$\geq 90$	>100	Assente
B6	34	8,12	-15,35	$\geq 90$	>100	Assente
K1	34	8,14	-4,32	$\geq 90$	>100	Assente
K2	34	8,12	-1,44	$\geq 90$	>100	Assente
K3	34	8,06	3,36	$\geq 90$	>100	Assente
K4	34	8,08	-6,95	$\geq 90$	>100	Assente

#### 3.4.2. *VIBRIO FISCHERI*

QA-QC – Nell’inverno 2019 il valore di EC50 (15') = 9,89 mg/l (LC=9,10 e UC=10,76) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – I risultati del saggio condotto nel 7° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XIII, contestualmente ai principali parametri (salinità e pH) degli elutriati. Non è stata rilevata alcuna tossicità confermando quanto osservato precedentemente (Fabi *et al.*,



2019b).

**Tab. 3-XIII** - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* effettuato su gli elutriati dei campioni di sedimenti prelevati nel 7° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Salinità (%)	pH	% Effetto (15')	%Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
A3	34	8,05	7,71	-6,07	≥90	≥90	Assente
A4	34	8,20	10,32	-8,72	≥90	≥90	Assente
CL NW	34	8,15	-10,86	-9,41	≥90	≥90	Assente
CL SE	34	8,10	-8,69	-6,66	≥90	≥90	Assente
A5	34	7,98	-4,38	-3,37	≥90	≥90	Assente
A6	34	8,07	-10,13	-9,57	≥90	≥90	Assente
B3	34	8,07	-6,29	-5,90	≥90	≥90	Assente
B4	34	8,13	-6,84	-6,63	≥90	≥90	Assente
CL NE	34	8,12	-9,77	-10,32	≥90	≥90	Assente
CL SW	34	8,19	12,27	-13,45	≥90	≥90	Assente
B5	34	8,19	-7,82	-8,17	≥90	≥90	Assente
B6	34	8,12	-8,59	-9,13	≥90	≥90	Assente
K1	34	8,14	-12,48	-12,58	≥90	≥90	Assente
K2	34	8,12	-10,01	-10,37	≥90	≥90	Assente
K3	34	8,06	-7,33	-8,02	≥90	≥90	Assente
K4	34	8,08	-8,46	-8,92	≥90	≥90	Assente

### 3.4.3. COROPHIUM ORIENTALE

QA-QC – Nel 7° survey post lavori di installazione la sensibilità degli organismi test verso il tossico di riferimento ( $CdCl_2$ )  $LC_{50} = 3,31$  ( $LC = 3,02$  mg/l e  $UC=3,63$  mg/l) è rientrata nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 gg è risultata conforme, in quanto superiore all'85%. In Tab. 3-XIV sono riportati i principali parametri dell'acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico.

Risultati del test – Nell'inverno 2019 non è stata rilevata alcuna tossicità confermando i risultati conseguiti nell'estate 2018 e nella maggior parte dei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019b).

**Tab. 3-XIV** – Parametri chimici e fisici dell’acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all’inizio e alla fine del test relativo al 7° survey post lavori. In rossi siti della piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,16	0	> 85	15 ± 1	37	8,17	0-0,5	> 85
A3		36	8,12	0			37	8,17	0	
A4		36	8,07	0			37	8,18	0-0,5	
CL NW		36	7,98	0			36	8,16	0-0,5	
CL SE		36	8,05	0			36	8,19	0-0,5	
A5		36	8,12	0			37	8,17	0,5-1	
A6		36	8,13	0			37	8,19	0	
B3		36	8,06	0			36	8,18	0	
B4		36	8,08	0			37	8,18	0	
CL NE		36	8,11	0			37	8,16	0	
CL SW		36	8,13	0			36	8,16	0	
B5		36	8,07	0			37	8,19	0-0,5	
B6		36	8,00	0			37	8,18	0	
K2		36	8,09	0			36	8,19	0-0,5	
K3		36	8,12	0			36	8,17	0	
K4		36	8,13	0			37	8,16	0	
K4	36	7,98	0	37	8,18	0				

**Tab. 3-XV** - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservata nel test di tossicità acuta relativo al 7° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± incertezza)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	10 ± 3,67	10	-
A3	100	6 ± 3,67	6	Assente
A4	100	5 ± 3,18	5	Assente
CL NW	100	6 ± 3,67	6	Assente
CL SE	100	2 ± 3,67	2	Assente
A5	100	4 ± 5,19	4	Assente
A6	100	6 ± 3,67	6	Assente
B3	100	6 ± 3,67	6	Assente
B4	100	6 ± 6,36	6	Assente
CL NE	100	6 ± 3,67	6	Assente
CL SW	100	6 ± 3,67	6	Assente
B5	100	4 ± 5,19	4	Assente
B6	100	4 ± 5,19	4	Assente
K1	100	6 ± 3,67	6	Assente
K2	100	4 ± 5,19	4	Assente
K3	100	3 ± 6,09	3	Assente
K4	100	10 ± 3,67	10	Assente

#### 3.4.4. CRASSOSTREA GIGAS

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito nell’inverno 2019 un valore dell’EC50 di 10,42 g/l di Cu (LC=9,86 e UC=11,02), che rientra nei limiti della

carta di controllo intra-laboratorio. La percentuale media di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo ( $84\pm 0,58\%$ ) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio – Questo test ha rilevato una tossicità bassa in tre siti a ridosso della piattaforma e in tre posizionati lungo il transetto B, indicando una situazione leggermente peggiore lungo la direttrice NE-SW, oltre che nel controllo K2, anch'esso posto a NE rispetto a Clara NW (Tab. 3-XVI). Altrove la tossicità è risultata assente. Questi risultati sono rimasti simili a quelli dell'estate 2018, rispetto alla quale è avvenuto solo un lieve peggioramento lungo il transetto B (Fabi *et al.*, 2019b).

**Tab. 3-XVI** - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 7° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Concentrazione	% media di larve normali ± dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
<b>Controllo</b>		84 ± 0,58	16	0			
A3	100	66 ± 0,58	34	21	≥90	≥100	Assente
	50	76 ± 2,00	24	10			
	25	83 ± 1,73	17	2			
A4	100	66 ± 2,00	34	22	≥90	≥100	Assente
	50	77 ± 2,00	23	9			
	25	83 ± 1,53	17	1			
CL NW	100	55 ± 1,53	45	35	54,0	≥100	Bassa
	50	67 ± 1,53	33	21			
	25	81 ± 1,00	19	4			
CL SE	100	67 ± 2,52	33	20	≥90	≥100	Assente
	50	78 ± 2,00	22	8			
	25	82 ± 1,00	18	3			
A5	100	72 ± 2,08	28	14	≥90	≥100	Assente
	50	79 ± 1,53	21	7			
	25	83 ± 1,53	17	2			
A6	100	73 ± 1,15	27	13	≥90	≥100	Assente
	50	79 ± 1,53	21	6			
	25	84 ± 1,53	16	1			
B3	100	52 ± 2,00	48	38	58,2	≥100	Bassa
	50	71 ± 2,00	29	16			
	25	82 ± 2,00	18	3			
B4	100	70 ± 1,53	30	17	≥90	≥100	Assente
	50	78 ± 1,53	22	8			
	25	84 ± 1,15	16	1			
CL NE	100	52 ± 2,00	48	38	59,2	≥100	Bassa
	50	71 ± 2,00	29	16			
	25	82 ± 2,00	18	3			
CL SW	100	58 ± 1,53	42	32	58,4	≥100	Bassa
	50	68 ± 1,53	32	20			
	25	81 ± 1,53	19	4			
B5	100	61 ± 1,15	39	28	69,2	≥100	Bassa
	50	72 ± 1,53	28	15			
	25	82 ± 1,53	18	3			
B6	100	64 ± 1,53	36	24	82,7	≥100	Bassa
	50	75 ± 1,53	25	11			
	25	83 ± 2,08	17	1			
K1	100	70 ± 1,73	30	17	≥90	≥100	Assente
	50	77 ± 2,08	23	9			
	25	83 ± 0,58	17	2			
K2	100	55 ± 1,15	45	35	54,8	≥100	Bassa
	50	67 ± 2,00	33	21			
	25	81 ± 1,53	19	4			
K3	100	74 ± 1,53	26	12	≥90	≥100	Assente
	50	79 ± 1,00	21	6			
	25	84 ± 0,58	16	1			
K4	100	66 ± 1,53	34	21	≥90	≥100	Assente
	50	77 ± 1,53	23	8			
	25	82 ± 2,00	18	3			

### 3.5. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

In Tab. 3-XVII sono riportati i parametri chimico-fisici di contorno rilevati nel corso del test condotto su *H. diversicolor* sui sedimenti prelevati nell'inverno 2019. Le percentuali di mortalità degli organismi osservate nei sedimenti testati sono risultate identiche a quella evidenziata nel controllo eccetto in CL SE, A3, A6 e K4 in cui non è stata rilevata mortalità (Tab. 3-XVIII).

**Tab. 3-XVII** - Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante il sedimento registrati all'inizio e al termine del test di bioaccumulo. In rosso i siti della piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
Controllo	18,0 ± 0,1	34	8,20	0,5	98,0 ± 1,0	18,0 ± 1,0	35	8,21	0,3	97 ± 2
A3		34	8,31	0,5			34	8,31	0,3	
A4		34	8,33	0,5			34	8,33	0,3	
CL NW		34	8,20	0,5			34	8,20	0,3	
CL SE		34	8,21	0,5			34	8,21	0,3	
A5		34	8,22	0,5			34	8,21	0,3	
A6		34	8,21	0,5			34	8,21	0,3	
B3		34	8,22	0,5			34	8,22	0,3	
B4		34	8,25	0,5			34	8,25	0,3	
CL NE		34	8,21	0,5			34	8,21	0,3	
CL SW		34	8,22	0,5			34	8,20	0,3	
B5		34	8,27	0,5			35	8,27	0,3	
B6		34	8,32	0,5			35	8,31	0,3	
K1		34	8,35	0,5			35	8,32	0,3	
K2		34	8,22	0,5			35	8,21	0,3	
K3		34	8,19	0,5			35	8,20	0,3	
K4		34	8,22	0,5			35	8,22	0,3	

**Tab. 3-XVIII** - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservati nel test di bioaccumulo registrate nel corso del test condotto sui sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti alla struttura.

campione	Numero degli organismi esposti	% organismi morti
Controllo	20	10,0
A3	20	0
A4	20	10,0
CL NW	20	10,0
CL SE	20	0
A5	20	10,0
A6	20	0
B3	20	10,0
B4	20	10,0
CL NE	20	10,0
CL SW	20	10,0
B5	20	10,0
B6	20	10,0
K1	20	10,0
K2	20	10,0
K3	20	10,0
K4	20	0

### 3.5.1. RICERCA DI METALLI PESANTI

In Tab. 3-XIX sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nel bianco (tempo 0') e quelle rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati per 28 gg nell'inverno 2019, mentre la Tab. 3-XX mostra le differenze in percentuale tra le concentrazioni dei metalli pesanti registrate nei tessuti dei policheti dopo l'esposizione ai sedimenti testati e quelle determinate nel bianco (0').

È stato rilevato un bioaccumulo diffuso di **zinco** e **mercurio** che, avendo interessato almeno due controlli, non è riconducibile esclusivamente alla piattaforma pur indicando un generale peggioramento rispetto ai monitoraggi precedenti, soprattutto lo zinco che non era mai stato bioaccumulato (qualche segnale di bioaccumulo di mercurio era invece stato registrato anche nel pre-survey; Fabi *et al.*, 2019b).

Più sporadico il bioaccumulo di **arsenico**, che ha interessato due siti CL, uno del transetto A e uno di B oltre a tre controlli, per cui anch'esso non è imputabile a Clara NW come già in precedenza. Invece, il **cadmio** è stato bioaccumulato esclusivamente in B6 e il **piombo** in CL SW; questi due casi sembrano più direttamente collegati alla presenza della piattaforma ma, in un'ottica generale che tenga conto anche dei risultati precedenti (Fabi *et*

al., 2019b), non devono dare adito a preoccupazioni.

**Tab. 3-XIX** - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 7° survey post lavori. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti a Clara NW. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi sottoposti per 28 gg a un sedimento di controllo. n.r. = non rilevabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Bianco	n.r.	6,6	n.r.	0,10	n.r.	19,1	434,4	3,1	n.r.	0,69	88,9	n.r.	130,7	0,075
Controllo	n.r.	7,7	n.r.	0,09	n.r.	18,7	405,7	2,4	n.r.	0,61	81,3	n.r.	139,8	0,099
A3	n.r.	8,0	2,6	0,11	n.r.	25,7	404,4	2,7	n.r.	0,64	79,2	n.r.	179,0	0,099
A4	n.r.	8,1	2,3	0,10	n.r.	26,4	402,5	2,6	n.r.	0,62	79,5	n.r.	178,0	0,090
CL NW	n.r.	9,3	17,1	0,08	n.r.	22,5	421,4	2,8	n.r.	0,75	76,4	n.r.	186,2	0,088
CL SE	n.r.	9,4	17,0	0,09	n.r.	23	429,4	2,9	n.r.	0,72	78,1	n.r.	181,2	0,099
A5	n.r.	8,0	2,4	0,09	n.r.	24,6	400,2	2,7	n.r.	0,64	79,2	n.r.	177,0	0,099
A6	n.r.	8,6	4,0	0,10	n.r.	20,0	369,3	2,5	n.r.	0,75	81,03	n.r.	160,7	0,106
B3	n.r.	9,6	4,8	0,10	n.r.	20,6	419,6	3,5	n.r.	0,78	87,8	n.r.	143,3	0,107
B4	n.r.	9,4	4,8	0,10	n.r.	20,6	419,6	3,5	n.r.	0,78	87,8	n.r.	143,3	0,107
CL NE	n.r.	9,2	17,0	0,09	n.r.	21,4	427,1	3,1	n.r.	0,80	74,2	n.r.	183,3	0,090
CL SW	n.r.	9,4	17,0	0,09	n.r.	22,5	429,1	2,3	n.r.	0,71	76,3	n.r.	185,6	0,096
B5	n.r.	9,0	4,5	0,15	n.r.	21,5	416,5	3,5	n.r.	0,67	86,5	n.r.	139,5	0,113
B6	n.r.	10,4	5,3	0,10	n.r.	23,5	435,0	2,4	n.r.	0,51	78,8	n.r.	141,0	0,111
K1	n.r.	9,2	n.r.	0,10	n.r.	24,7	408,3	2,6	n.r.	0,61	67,8	n.r.	163,5	0,107
K2	n.r.	9,1	n.r.	0,07	n.r.	20,2	395,1	3,2	n.r.	0,65	77,0	n.r.	143,5	0,087
K3	n.r.	8,7	n.r.	0,08	n.r.	21,5	443,0	2,6	n.r.	0,67	84,1	n.r.	147,3	0,105
K4	n.r.	8,9	n.r.	0,09	n.r.	20,7	404,9	2,5	n.r.	0,64	87,7	n.r.	155,0	0,099

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

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	nc	0	nc	0	nc	5	-1	-6	nc	0	0	nc	0	0
A3	nc	<b>21</b>	nc	-14	nc	1	5	-10	nc	8	-7	nc	<b>42</b>	<b>27</b>
A4	nc	-8	nc	5	nc	16	-1	-32	nc	6	-3	nc	<b>48</b>	<b>31</b>
CL NW	nc	<b>21</b>	nc	-14	nc	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>-29</b>	nc	<b>9</b>	<b>-4</b>	nc	<b>50</b>	<b>31</b>
CL SE	nc	<b>17</b>	nc	-15	nc	<b>-5</b>	<b>-2</b>	<b>-26</b>	nc	<b>-4</b>	<b>-7</b>	nc	<b>23</b>	<b>20</b>
A5	nc	-7	nc	-4	nc	19	-2	-35	nc	3	-3	nc	<b>47</b>	19
A6	nc	-8	nc	-14	nc	10	-2	-32	nc	-3	-3	nc	<b>46</b>	<b>31</b>
B3	nc	-1	nc	-4	nc	-5	-10	-39	nc	13	-1	nc	<b>33</b>	<b>39</b>
B4	nc	10	nc	-4	nc	-2	7	-23	nc	12	8	nc	18	<b>40</b>
CL NE	nc	<b>20</b>	nc	-24	nc	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>-29</b>	nc	<b>13</b>	<b>-6</b>	nc	<b>54</b>	<b>16</b>
CL SW	nc	<b>18</b>	nc	-14	nc	<b>-4</b>	<b>4</b>	<b>-23</b>	nc	<b>22</b>	<b>-9</b>	nc	<b>51</b>	<b>19</b>
B5	nc	<b>23</b>	nc	-4	nc	-7	2	-19	nc	17	-2	nc	18	<b>40</b>
B6	nc	4	nc	<b>44</b>	nc	-4	2	-13	nc	1	6	nc	15	<b>48</b>
K1	nc	<b>20</b>	nc	-6	nc	6	6	-13	nc	-9	-3	nc	16	<b>45</b>
K2	nc	<b>21</b>	nc	-4	nc	11	0	-16	nc	-7	-17	nc	<b>35</b>	<b>40</b>
K3	nc	<b>35</b>	nc	-33	nc	1	-4	-19	nc	-1	-6	nc	19	15
K4	nc	15	nc	-24	nc	-3	8	-26	nc	1	3	nc	<b>22</b>	<b>37</b>

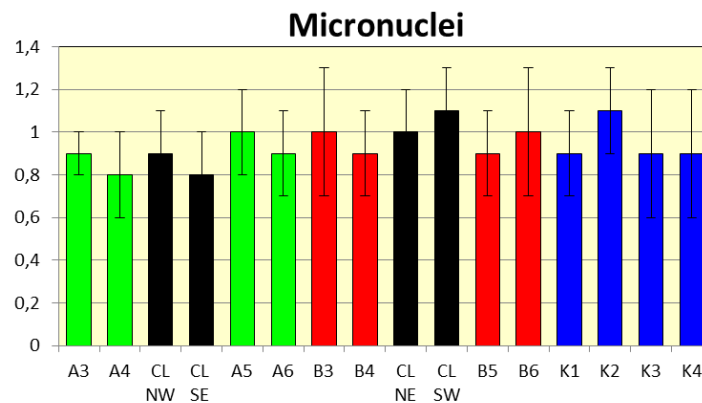
Tutti gli altri metalli ricercati o non sono stati rilevati, o hanno presentato negli organismi testati concentrazioni inferiori a quelle del bianco, risultando pertanto coerenti con quanto osservato nei monitoraggi precedenti.

### 3.5.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XXI sono riportati i valori dei biomarker analizzati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati.

#### 3.5.2.1 Micronuclei

I risultati al test dei micronuclei hanno evidenziato una distribuzione di frequenze di micronuclei nei celomociti omogenea tra i siti investigati, compresa tra  $0,8 \pm 0,2\%$  e  $1,1 \pm 0,2\%$  (fig. 3.27).



	CL SE	CL NW	CL NE	CL SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
CL SE		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL SW					ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B4											ns	ns	ns	ns	ns	ns
B5												ns	ns	ns	ns	ns
B6													ns	ns	ns	ns
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

Fig. 3.27 – Valori medi delle frequenze di micronuclei riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell’inverno 2019 e analisi statistica. Test ANOVA \*  $p < 0,05$ ; ns = non significativo.



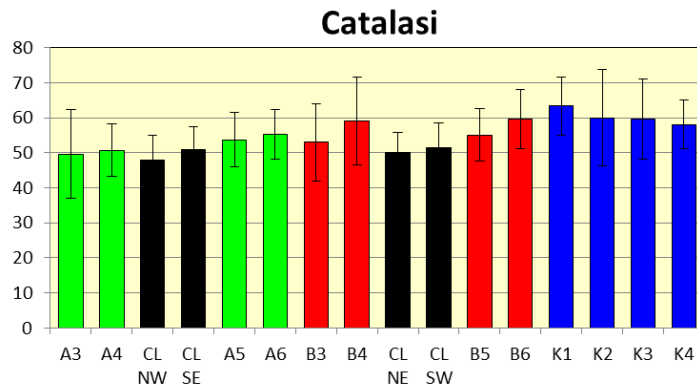
**Tab. 3-XXI** - Risultati degli indici sub letali di stress evidenziati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2019. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

Biomarker	Unità di misura	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	K1	K2	K3	K4
Micronuclei	frequenza %	0,9±0,1	0,8±0,2	0,9±0,2	0,8±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,3	0,9±0,2	1,0±0,2	1,1±0,2	0,9±0,2	1,0±0,3	0,9±0,2	1,1±0,2	0,9±0,3	0,9±0,3
Catalasi	μmol/min/mg di prot	49,6±12,7	50,7±7,5	48,0±7,0	51,0±6,5	53,7±7,7	55,2±7,0	53,0±11,0	59,0±12,5	50,1±5,7	51,5±7,0	55,0±7,5	59,6±8,4	63,5±8,2	60,0±13,7	59,6±11,4	58,1±7,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	31,2±7,1	36,9±8,0	35,2±10,5	33,2±8,5	30,2±6,0	38,4±8,8	33,2±9,6	32,1±6,6	39,8±13,7	51,2±4,8	38,1±9,6	50,5±2,4	37,5±8,6	33,4±12,6	29,5±9,1	31,7±8,3
Stabilità lisosmiale	min	105,0±13,0	102,2±10,0	79,9±8,1	80,2±5,5	98,5±8,0	107,6±13,5	99,2±11,0	81,9±15,4	77,1±9,6	86,1±8,0	85,9±6,0	99,0±5,5	102,5±5,5	95,1±9,5	101,0±10,0	99,3±8,9
Attività mitocondriale	Intensità/μm <sup>2</sup>	82±12,0	71±12,1	69,2±9,1	55,1±7,1	65,3±11,0	73,0±14,2	84,0±16,4	80,0±15,1	71,2±9,9	75,5±9,1	86,0±12,0	70,1±6,2	77±14,0	78,1±16,0	71,0±10,2	73,6±16,0
Metallotioneine	μg/mg prot	30,4±9,1	22,9±6,1	34,2±4,5	31,8±2,5	19,7±6,0	14,9±8,0	26,8±6,9	30,8±4,5	32,1±4,7	36,2±3,7	24,7±3,6	21,8±1,8	20,8±8,5	17,8±5,5	12,8±5,5	16,3±8,5
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/μm <sup>2</sup>	11,1±3,5	11,3±2,0	16,1±3,5	12,1±1,5	13,3±1,0	9,3±1,9	6,0±2,1	8,1±2,4	11,1±5,5	25,1±3,7	13,1±2,8	8,1±2,5	11,7±7,5	8,9±1,5	9,8±3,2	6,2±2,7

La distribuzione osservata tende ad ipotizzare una scarsa genotossicità indotta negli organismi da parte della matrice ambientale testata. Le frequenze osservate sono apparse estremamente contenute e confrontabili ai livelli di base tipici di organismi in buono stato di salute (Catalano *et al.*, 2012).

### 3.5.2.2 Determinazione dell'attività di catalasi

L'attività di catalasi misurata nei tessuti dei policheti è risultata compresa tra  $48,0 \pm 7,0$   $\mu\text{moli}/\text{min mg}$  di proteine totali del sito CL NW e  $63,5 \pm 8,2$   $\mu\text{moli}/\text{min mg}$  di proteine totali osservate presso il controllo K1 (fig. 3.28).



	CL SE	CL NW	CL NE	CL SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
CL SE		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL SW					ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B4											ns	ns	ns	ns	ns	ns
B5												ns	ns	ns	ns	ns
B6													ns	ns	ns	ns
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

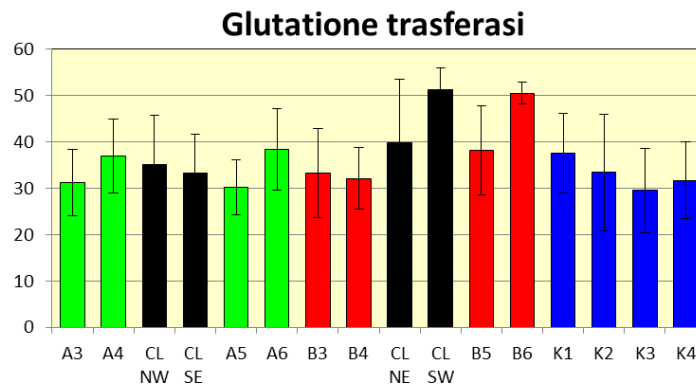
**Fig. 3.28** - Attività di catalasi ( $\mu\text{moli}$  di catalasi/ $\text{min}/\text{mg}^{-1}$  proteine totali estratte) associata ai tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2019 e analisi statistica. Test ANOVA \*  $p < 0,05$ ; ns = non significativo.

In nessun caso sono state osservate differenze significative tra gli organismi esposti ai diversi sedimenti. Le risposte biologiche hanno evidenziato l'assenza di stimolazione dei

meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato. Le risposte ottenute risultano simili o inferiori a quelle riportate dalla letteratura inerente analoghi piani di monitoraggio presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Douhri *et al.*, 2009; Solè *et al.*, 2008; Bouraoui *et al.*, 2010).

### 3.5.2.3 Determinazione dell'attività della glutazione transferasi

L'attività della glutazione transferasi misurata nei tessuti dei policheti è risultata compresa tra 29,5±9,1 nmol/min/mg di prot., in K3 e 51,2±4,8 nmol/min/mg di prot. osservate in CL SW (fig. 3.29).



	CL SE	CL NW	CL NE	CL SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
CL SE		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
CL NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
CL NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL SW					*	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*	*
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
B4											ns	*	ns	ns	ns	ns
B5												ns	ns	ns	ns	ns
B6													*	*	*	*
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

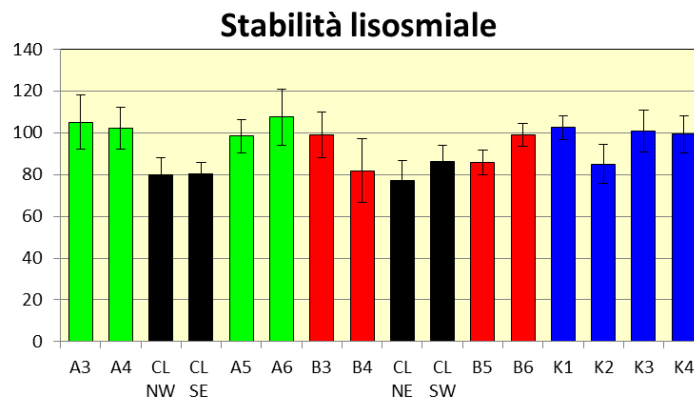
**Fig. 3.29** - Valori medi dell'attività della glutazione transferasi (nmol/min/mg di prot. proteine totali estratte) associata ai tessuti di policheti (*H. diversicolor*) esposti ai sedimenti prelevati nell'inverno 2019 e analisi statistica. Test ANOVA \* p< 0,05; ns = non significativo.

Rispetto ad alcuni o tutti i controlli, oltre che rispetto ad altre stazioni dei transetti, i siti CL SW e B6 hanno evidenziato un leggero aumento dell'attività dell'enzima, indicando una

debole stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti in quelle due stazioni. Comunque, in generale le risposte osservate risultano simili o inferiori a quelle riportate dalla letteratura inerente analoghi piani di monitoraggio presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Durou *et al.*, 2007; Douhri *et al.*, 2009; Bouraoui *et al.*, 2010).

### 3.5.2.4 Stabilità delle membrane lisosomiali

Nell'inverno 2019 sono stati registrati tempi medi di destabilizzazione delle membrane lisosomiali compresi tra 77,1±9,6 min (CL NE) e 107,6±13,5 min (A6; fig. 3.30).



	CL SE	CL NW	CL NE	CL SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
CL SE		ns	ns	ns	*	*	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*
CL NW			ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*
CL NE				ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*
CL SW					ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B4											ns	ns	ns	ns	ns	ns
B5												ns	ns	ns	ns	ns
B6													ns	ns	ns	ns
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

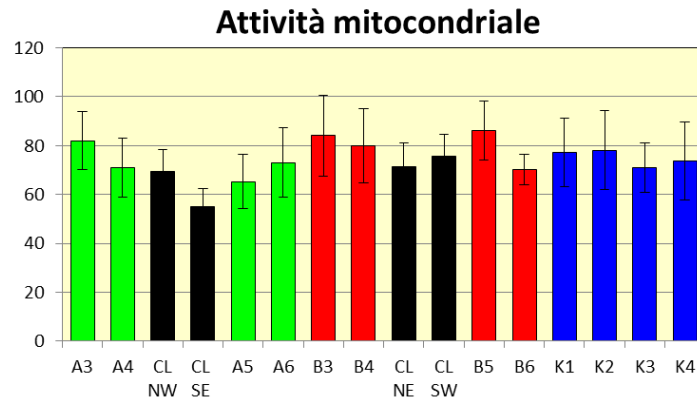
**Fig. 3.30** - Valori medi dei tempi di destabilizzazione (espressi in min) e associati alla fragilità dei lisosomi dei celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2019 e confronto statistico (Test Mann-Whitney \*  $p < 0,05$ ; ns = non significativo).

Confrontando la distribuzione dei valori, gli organismi esposti ai sedimenti prelevati dai siti CL NW, CL SE e CL SW hanno evidenziato una significativa diminuzione rispetto ai controlli K1, K3 e K4, oltre che rispetto a diverse stazioni posizionate lungo i transetti. Nel

complesso i tempi di destabilizzazione osservati identificano organismi con una moderata condizione di stress, essendo simili a quelli rinvenuti in altri studi (Catalano *et al.*, 2012; Galloway *et al.*, 2010).

### 3.5.2.5 Determinazione dell'attività mitocondriale

I livelli medi di attività mitocondriale misurata sulla base del potenziale di membrana nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati nell'area circostante Clara NW sono risultati confrontabili con quelli rilevati nei controlli (fig. 3.31), evidenza questa che tende a indicare una funzionalità dei mitocondri nei celomociti degli organismi esposti a tali sedimenti simile a quella dei riferimenti.

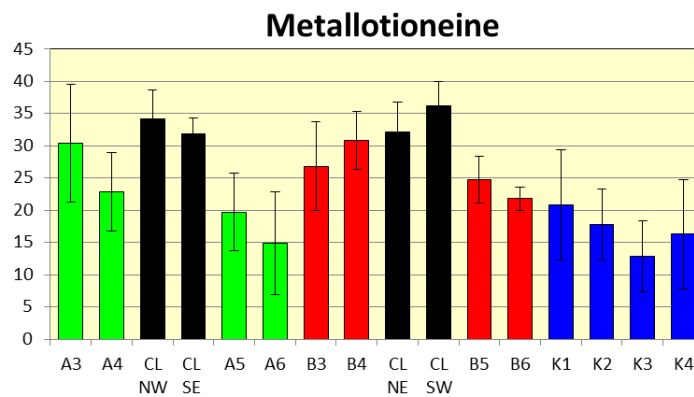


	CL SE	CL NW	CL NE	CL SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
CL SE		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL SW					ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B4											ns	ns	ns	ns	ns	ns
B5												ns	ns	ns	ns	ns
B6													ns	ns	ns	ns
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

**Fig. 3.31** - Valori medi di attività mitocondriale associata ai celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2019 e confronto statistico (Test ANOVA \*  $p < 0,05$ ; ns = non significativo).

### 3.5.2.6 Livelli di metallotioneine

I livelli medi di metallotioneine sono risultati compresi tra  $12,8 \pm 5,5$   $\mu\text{g MT/mg}$  di tessuto nel sito di riferimento K3 e  $36,2 \pm 3,7$   $\mu\text{g MT/mg}$  di tessuto nel sito CL SW (fig. 3.32). Confrontando i livelli si osserva un aumento dei livelli di metallotioneine presso i siti CL e B4 rispetto ad almeno tre controlli. Tuttavia, anche la distribuzione dei valori osservati in queste stazioni non porta ad evidenziare la presenza di un gradiente di stress. I livelli medi osservati risultano confrontabili con quelli riportati per organismi presenti in aree marine soggette a moderato impatto antropico (Perez *et al.*, 2004).



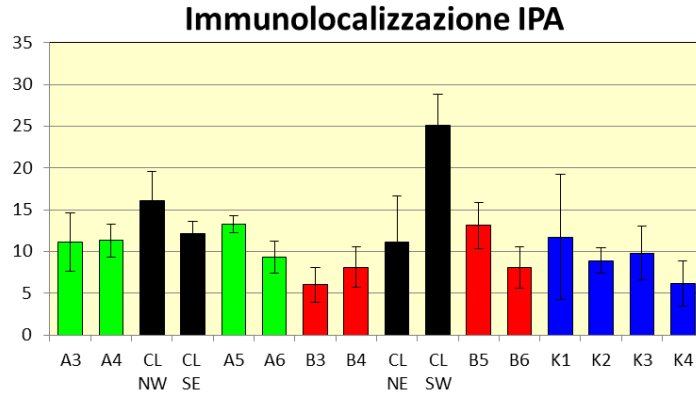
	CL SE	CL NW	CL NE	CL SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
CL SE		ns	ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*
CL NW			ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*
CL NE				ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*	*
CL SW					ns	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
B4											ns	*	ns	*	*	*
B5												ns	ns	ns	*	ns
B6													ns	ns	*	ns
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

**Fig. 3.32** - Valori medi di metallotioneine ottenuti nei tessuti di esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2019 e confronto statistico (Test ANOVA \*  $p < 0,05$ ; ns = non significativo).

### 3.5.2.7 Valutazione dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente

I valori sono risultati compresi tra  $6,0 \pm 2,1$  unità di densità ottica/pixel, presso il sito B3, e  $25,1 \pm 3,7$  unità di densità ottica/pixel nei policheti esposti ai sedimenti prelevati da CL SW, unico sito, quest'ultimo, caratterizzato da livelli significativamente più elevati rispetto a

tutte le altre stazioni (fig. 3.33). Nel complesso, la distribuzione di valori osservata in questo monitoraggio tende a ipotizzare l'assenza di accumulo di idrocarburi policiclici aromatici nei tessuti degli organismi analizzati ad esclusione di CL SW.



	CL SE	CL NW	CL NE	CL SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
CL SE		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL NW			ns	*	ns	ns	ns	*	*	*	ns	*	ns	*	ns	*
CL NE				*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CL SW					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A5								*	*	*	ns	*	ns	*	ns	*
A6									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B3										ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
B4											ns	ns	ns	ns	ns	ns
B5												ns	ns	ns	ns	*
B6													ns	ns	ns	ns
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

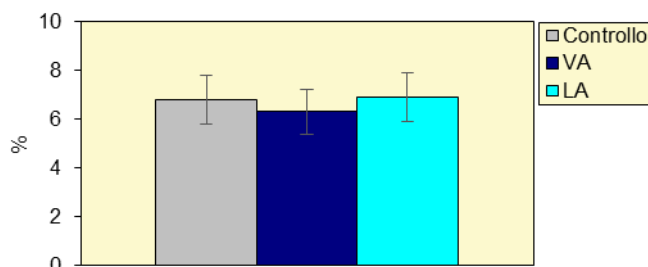
**Fig. 3.33** - Valori medi ( $\pm$ dev.st.) dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente ottenuti nei tessuti dei policheti *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2019 e confronto statistico (Test Mann-Whitney \*  $p < 0,05$ ; ns = non significativo).

### 3.6. INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA

#### 3.6.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI

##### 3.6.1.1 Materia organica estratta (MOE)

Il contenuto di MOE rilevato nell'inverno 2019 è risultato comparabile nei tre siti di prelievo (fig. 3.34; Tab. 3-XXII). I valori osservati appaiono solo lievemente più alti rispetto a quelli registrati nell'indagine condotta nella stessa piattaforma nel periodo precedente (Fabi *et al.*, 2019b) e in generale sono confrontabili con quanto evidenziato in analoghe indagini condotte presso altre piattaforme offshore nell'Adriatico.



**Fig. 3.34** - MOE rilevata negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

**Tab. 3-XXII** - Distribuzione MOE (% ± incertezza) nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Controllo	VA	LA
MOE%	6,8 ± 1,0	6,3 ± 0,9	6,9 ± 1,0

##### 3.6.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA)

In Tab. 3-XXIII-a-b-c vengono riportati i livelli degli IA dal C15 al C31, degli alifatici volatili C<10 e semivolatili C10-C40 e gli indici di distribuzione degli IA misurati nei mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW nell'inverno 2019. Si noti che, mentre i risultati relativi agli idrocarburi da C15 a C31 si riferiscono ai singoli analiti e precisamente agli idrocarburi lineari e insaturi, il risultato degli IA semivolatili totali (C10-C40) si riferisce alla sommatoria di tutti gli idrocarburi all'interno del range indicato, comprensivo di composti a differente grado di ramificazione e saturazione.

I livelli di IA nel segmento C15-C31 sono risultati sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità ad eccezione di quelli misurati nel sito VA nella frazione C24-C31 e che



risultano compresi tra 13 e 26 mg/kg (Tab. 3-XXIII-a). La sommatoria degli IA è stata effettuata escludendo dal calcolo tutti i valori inferiori di LOD e ha rilevato, in questo sito, un valore di 143 mg/kg in VA.

**Tab. 3-XXIII** – Idrocarburi Alifatici IA (mg/kg p.s. ± incertezza) rilevati nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell’inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo; nd = non determinato. a) livello dei singoli IA dal C15 al C31; b) livelli di IA volatili (C<10) e semivolatili (C10-C40); c) indici di distribuzione degli IA.

a)	Controllo	VA	LA
C15	< 1	< 1	< 1
C16	< 1	< 1	< 1
C17	< 1	< 1	< 1
C18	< 1	< 1	< 1
C19	< 1	< 1	< 1
C20	< 1	< 1	< 1
C21	< 1	< 1	< 1
C22	< 1	< 1	< 1
C23	< 1	< 1	< 1
C24	< 1	19 ± 6	< 1
C25	< 1	17 ± 5	< 1
C26	< 1	26 ± 8	< 1
C27	< 1	18 ± 5	< 1
C28	< 1	19 ± 6	< 1
C29	< 1	17 ± 5	< 1
C30	< 1	13 ± 4	< 1
C31	< 1	14 ± 4	< 1
Pristano	< 5	< 5	< 5
Fitano	< 5	< 5	< 5
<b>ΣIA</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>143</b>	<b>&lt; 1</b>

b)	Controllo	VA	LA
C ≤ 10	5100 ± 1300	12000 ± 2900	15000 ± 3600
C10-C40	< 150	280 ± 84	< 260

c)	Controllo	VA	LA
LMW/HMW	-	0,04	-
CPI (C <sub>15/30</sub> )	-	0,70	-
C17/pristano	-	-	-
C18/fitano	-	-	-
MH	-	C26	-

I livelli di idrocarburi alifatici semivolatili (C10-C40) sono risultati piuttosto modesti o addirittura al di sotto dei limiti di misurazione strumentale (Tab. 3-XXIII-b) e appaiono pertanto generalmente simili ai valori che facilmente possono essere riscontrati in mitili di riferimento provenienti da aree costiere non soggette a fenomeni di contaminazione (Benedetti *et al.*, 2014; Etiope *et al.*, 2014). Solamente gli idrocarburi volatili (C<10) hanno mostrato valori tendenzialmente maggiori nei mitili provenienti dalla piattaforma,

con livelli compresi tra  $12000 \pm 2900$  e  $15000 \pm 3600$  ppb (ng/g ps).

Considerando che la maggior parte degli IA C15-C31 risulta inferiore al valore di LOD, è stato possibile valutare il rapporto LMW/HMW e l'indice CPI solo per il sito VA; nel calcolo delle sommatorie, per i parametri risultati inferiori alla LOD, è stato utilizzato il valore massimo di  $LOD=1$  mg/kg.

L'analisi dell'abbondanza e della distribuzione dei livelli dei diversi omologhi investigati ha evidenziato un valore del rapporto LMW/HMW inferiore all'unità (Tab. 3-XXIII-c), confermando il predominio di sostanze di origine naturale nella miscela di IA investigati. Ad analoga conclusione si giunge anche analizzando i risultati dell'indice CPI. Infine, l'idrocarburo alifatico maggiormente accumulato (MH) è risultato il C26 (VA) (Tab. 3-XXIII-c).

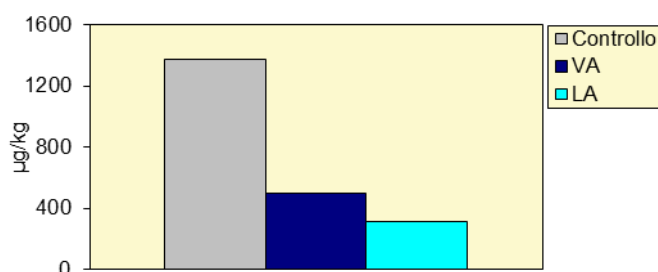
### 3.6.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Questi composti ad oggi sono considerati pressoché ubiquitari dell'ambiente marino, e le loro concentrazioni totali normalmente possono variare tra poche decine fino a poche centinaia di  $\mu\text{g}/\text{kg}$  p.s. (ppb) nei tessuti di mitili; inoltre, in assenza di fenomeni riconducibili a contaminazioni antropiche, i congeneri a basso peso molecolare sono largamente predominanti, mentre il contributo dei composti ad alto peso molecolare è molto scarso o addirittura assente (Bocchetti *et al.*, 2008). I risultati del bioaccumolo degli IPA nei mitili campionati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2019 vengono riportati in Tab. 3-XXIV e fig. 3.35. La sommatoria degli IPA è stata effettuata escludendo dal calcolo tutti i valori inferiori al LOD. Le concentrazioni ottenute per i mitili di riferimento (Controllo) mostrano livelli assolutamente anomali e tendenzialmente elevati. In aggiunta, il contributo maggiore è dato, in maniera abbastanza omogenea, dai congeneri ad alto peso molecolare, tra i quali Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Dibenzo(a,e)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Dibenzo(a,h)pirene, Fenantrene, Fluorantene, Fluorene, Indeno(1,2,3-cd)pirene e Pirene, aspetto questo che solitamente evidenzia la presenza di una contaminazione antropica. Ciò suggerisce la necessità di una attenta verifica del campione di riferimento, al fine di comprendere il significato di tale risultato anomalo; in questo senso i risultati della campagna estiva 2019 permetteranno di comprendere se questi dati si riferiscono a una anomalia puntiforme dei mitili di controllo. Al contrario, le

concentrazioni di IPA ottenute nella piattaforma Clara NW possono essere considerate del tutto modeste nei mitili prelevati da entrambi i punti di campionamento, con livelli totali che variano tra 310 e 500 ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Il contributo maggiore è dato da Acenaftene e Naftalene, a basso peso molecolare, mentre la maggior parte degli altri congeneri, soprattutto quelli ad alto peso molecolare, mostrano livelli al di sotto dei limiti strumentali. Tali valori di concentrazione non si discostano molto dai range normalmente conosciuti per popolazioni di mitili di riferimento, posizionandosi a livelli tipici di aree moderatamente perturbate come ad esempio aree ad intenso traffico navale.

**Tab. 3-XXIV** - Distribuzione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici rilevati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nell'inverno 2019. Valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  p.s.  $\pm$  incertezza.

	Controllo	VA	LA
Acenaftene	200 $\pm$ 71	370 $\pm$ 130	310 $\pm$ 110
Acenaftilene	< 31	< 53	< 52
Antracene	< 31	< 53	< 52
Benzo (a) antracene	62 $\pm$ 22	< 53	< 52
Benzo (a) pirene	210 $\pm$ 73	< 53	< 52
Benzo (b) fluorantene	180 $\pm$ 62	< 53	< 52
Benzo (g,h,i) perilene	76 $\pm$ 3	< 53	< 52
Benzo (k) fluorantene	150 $\pm$ 52	< 53	< 52
Crisene	94 $\pm$ 33	< 53	< 52
Dibenzo (a,e) pirene	< 31	< 53	< 52
Dibenzo (a,h) antracene	< 31	< 53	< 52
Dibenzo (a,h) pirene	< 31	< 53	< 52
Fenantrene	40 $\pm$ 14	< 53	< 52
Fluorantene	96 $\pm$ 33	< 53	< 52
Fluorene	< 31	< 53	< 52
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	73 $\pm$ 26	< 53	< 52
Naftalene	80 $\pm$ 28	130 $\pm$ 45	< 52
Pirene	110 $\pm$ 39	< 53	< 52
<b><math>\Sigma_{\text{ipa}}</math></b>	<b>1371</b>	<b>500</b>	<b>310</b>



**Fig. 3.35** - Concentrazioni di IPA rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

#### 3.6.1.4 Metalli pesanti

Nell'inverno 2019 i metalli pesanti non hanno generalmente mostrato sensibili differenze né tra i campioni prelevati vicino e lontano rispetto all'anodo sacrificale della piattaforma, né in riferimento al campione di mitili di controllo eccetto qualche caso descritto di seguito (Tab. 3-XXIV e fig. 3.36). Il  **nichel**  è stato maggiormente accumulato in LA, ma la concentrazione registrata (2,7 mg/kg) è comunque bassa e non particolarmente degna di nota. I tenori dell'**arsenico** si sono attestati nei siti di Clara NW attorno a 35 ppm (mg/kg ps), livelli che si posizionano vicini al margine superiore dell'intervallo naturale, potendo questo elemento oscillare stagionalmente da pochi mg/kg a circa 40 mg/kg; tale variabilità è legata fortemente alle condizioni riproduttive degli organismi, alla disponibilità alimentare e alla salinità. Inoltre, i livelli di questo elemento nei tessuti dei mitili si trovano prevalentemente (se non esclusivamente) sotto forma di composti organici (come arsenobetaina), di origine naturale e assolutamente privi di tossicità. Questi valori pertanto suggeriscono la necessità di attente valutazioni e approfondimenti futuri che possano includere una speciazione chimica per confermare l'origine naturale o antropica di questo elemento, qualora i livelli di arsenico nei tessuti dei mitili dovessero subire un aumento al di fuori della normalità.

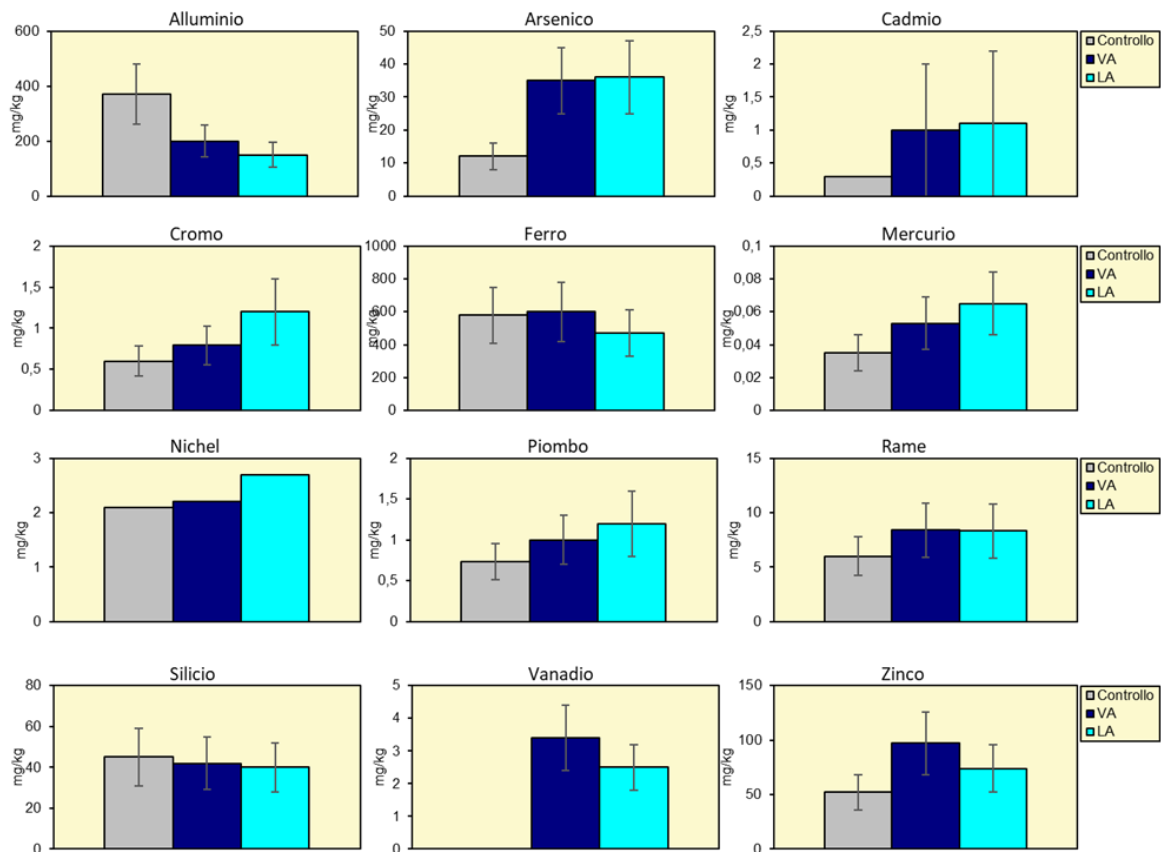
Il **vanadio**, non rilevato al controllo, ha mostrato concentrazioni pari a circa 2,5-3,4 ppm (mg/kg ps) nei mitili provenienti da entrambi i punti di prelievo in piattaforma, posizionandosi anch'esso ai margini maggiori del normale range di fluttuazione stagionale noto per questi organismi, suggerendo, altresì la necessità di ulteriori verifiche e approfondimenti futuri.

In ogni caso, è bene specificare che tutte le concentrazioni ottenute non sono significativamente dissimili da quelle di popolazioni di molluschi di riferimento e tipici di organismi provenienti da aree costiere non soggette a fenomeni di perturbata biodisponibilità, pertanto non si segnalano particolari criticità nei risultati ottenuti (Benedetti *et al.*, 2014; Fattorini *et al.*, 2018). In aggiunta, non si sono osservati livelli degni di nota per quei metalli per i quali sono previsti limiti relativi al consumo alimentare (Direttiva 2001/22/CE: cadmio 1 µg/g p.f., mercurio 0,5 µg/g p.f., piombo 1,5 µg/g p.f., corrispondenti rispettivamente a Cd 5 µg/g p.s., Hg 2,5 µg/g p.s., Pb 7,5 µg/g p.s. considerando un fattore di conversione medio peso umido /peso secco pari a 5), considerando che le concentrazioni misurate nei mitili di questa piattaforma sono risultate

sempre al di sotto di tali valori.

**Tab. 3-XXV** - Distribuzione dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Valori espressi in mg/kg p.s.  $\pm$  incertezza.

	Controllo	VA	LA
Al	370 $\pm$ 110	200 $\pm$ 59	150 $\pm$ 46
As	12 $\pm$ 4	35 $\pm$ 10	36 $\pm$ 11
Ba	< 5	< 5	< 5
Cd	0,29	1,0	1,1
Cr	0,60 $\pm$ 0,18	0,79 $\pm$ 0,24	1,2 $\pm$ 0,4
Fe	580 $\pm$ 170	600 $\pm$ 180	470 $\pm$ 140
In	< 0,16	< 0,15	< 0,15
Hg	0,035 $\pm$ 0,011	0,053 $\pm$ 0,016	0,065 $\pm$ 0,019
Ni	2,1	2,2	2,7
Pb	0,73 $\pm$ 0,22	1,0 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,4
Cu	6,0 $\pm$ 1,8	8,4 $\pm$ 2,5	8,3 $\pm$ 2,5
Si	45 $\pm$ 14	42 $\pm$ 13	40 $\pm$ 12
V	< 1	3,4 $\pm$ 1,0	2,5 $\pm$ 0,7
Zn	52 $\pm$ 16	97 $\pm$ 29	74 $\pm$ 22



**Fig. 3.36** - Concentrazioni (mg/kg p.s.  $\pm$  incertezza) dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Non sono riportati le concentrazioni di bario e indio in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

### 3.6.2. BIOMARKER

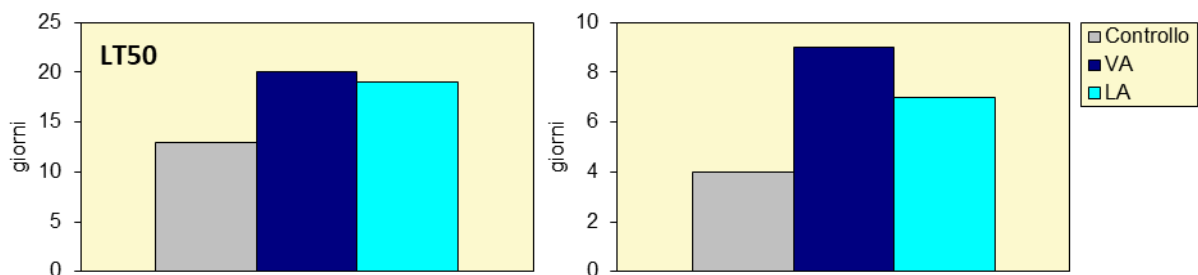
In Tab. 3-XXVI sono riportati i risultati relativi ai mitili analizzati nell'inverno 2019.

**Tab. 3-XXVI** - Valori medi dei biomarker ( $\pm$  dev. st.) determinati nei mitili campionati nell'inverno 2019 nei siti di controllo, vicino (VA) e lontano (LA) dall'anodo di sacrificio di Clara NW. nd = non determinabile.

Biomarker	Unità di misura	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	13	20	19
	LT90 (giorni)	4	9	7
Micronuclei	frequenza ‰	0 $\pm$ 0	0,50 $\pm$ 0,50	0,83 $\pm$ 0,44
Lipofuscine	intensità / $\mu\text{m}^2$	77,57 $\pm$ 19,48	85,63 $\pm$ 8,06	103,06 $\pm$ 31,52
Lipidi neutri	intensità / $\mu\text{m}^2$	119,61 $\pm$ 14,69	30,13 $\pm$ 1,23	39,52 $\pm$ 18,01
Stabilità lisosomiale	min	100,04 $\pm$ 6,46	53,43 $\pm$ 36,80	69,18 $\pm$ 11,14
Catalasi	$\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ di proteine	25,97 $\pm$ 7,30	34,39 $\pm$ 7,42	24,63 $\pm$ 3,92
Malondialdeide	nmol/ g tessuto	75,1 $\pm$ 33,42	43,07 $\pm$ 21,92	53,14 $\pm$ 27,54
Metallotioneine	$\mu\text{g}$ / mg di proteine	1,42 $\pm$ 0,23	4,79 $\pm$ 0,87	3,70 $\pm$ 0,32
qPCR <sub>MT10</sub>	n° copie	7604 $\pm$ 4405	2332 $\pm$ 2195	4595 $\pm$ 4872
qPCR <sub>MT20</sub>		nd	nd	nd

#### 3.6.2.1 Stress on Stress

Nell'inverno 2019 i livelli di LT50 e LT90 sono risultati del tutto simili nei mitili campionati sui piloni della piattaforma Clara nel sito Vicino e Lontano Anodo; in generale questi livelli sono apparsi più elevati di quelli riscontrati nel sito di controllo, confermando l'assenza di uno stress fisiologico generale degli organismi prelevati da Clara NW (fig. 3.37).

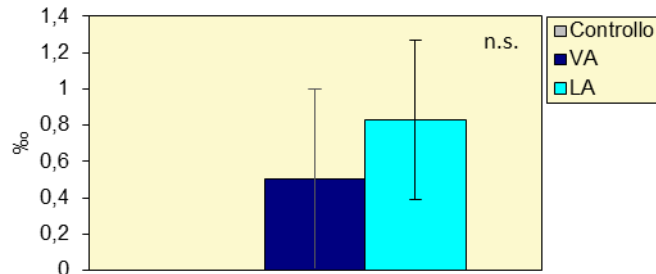


**Fig. 3.37** – Livelli di LT50 ed LT90 rilevati nei mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

#### 3.6.2.2 Micronuclei

I risultati relativi all'inverno 2019, seppur non statisticamente significativi, mostrano dalle fluttuazioni di questo parametro in riferimento al sito di controllo (fig. 3.38), con valori che risultano essere estremamente bassi e comparabili sia con quelli osservati in organismi di riferimento (Pisanelli *et al.*, 2009; Bocchetti e Regoli, 2006) sia con quelli misurati in

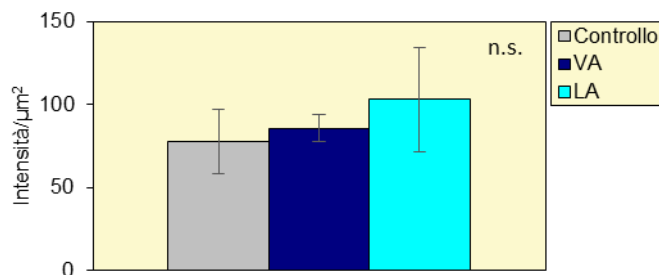
organismi provenienti da altre piattaforme offshore dell'Adriatico ( (Fabi *et al.*, 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; Gorbi *et al.*, 2008).



**Fig. 3.38** - Frequenza dei micronuclei (media  $\pm$  SEM) ottenuta nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

### 3.6.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscina

Per quanto riguarda l'accumulo di lipofuscina, principale prodotto della perossidazione lipidica, seppur con un lieve aumento, i risultati non evidenziano alcuna variazione statisticamente significativa nei mitili provenienti dalla piattaforma Clara NW rispetto a quelli di riferimento (fig. 3.39). I livelli nel complesso sono simili a quelli osservati in organismi prelevati da altri impianti offshore in Adriatico (Gorbi *et al.*, 2008), e molto simili a quelli misurati in aree di riferimento (Bocchetti e Regoli, 2006) durante lo stesso periodo stagionale.

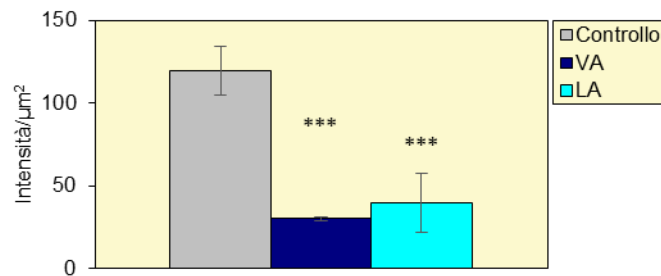


**Fig. 3.39** - Accumulo di lipofuscina (media  $\pm$  Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

### 3.6.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri

E' stata osservata una riduzione statisticamente significativa per quanto riguarda l'accumulo di lipidi neutri negli organismi prelevati dai piloni della piattaforma Clara NW rispetto al sito di riferimento (fig. 3.40). L'accumulo di lipidi neutri è associato alla potenziale presenza di sostanze xenobiotiche, come i composti organici potenzialmente in grado di alterare il metabolismo lipidico degli organismi. Come molte risposte biologiche

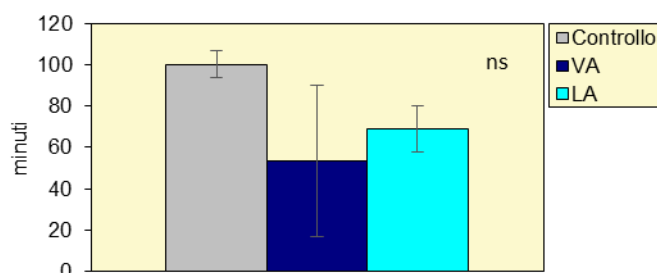
anche l'accumulo di lipidi neutri è soggetto a variazioni stagionali, con conseguenti fluttuazioni nei livelli basali; valori estremamente bassi e comparabili con quelli misurati nei mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW si osservano nel periodo invernale in organismi provenienti dal medio Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).



**Fig. 3.40** - Accumulo di lipidi neutri (media  $\pm$  Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Gli asterischi indicano differenze statisticamente significative rispetto al controllo; \*\*\*  $p < 0,001$ .

### 3.6.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali

I risultati relativi alla stabilità delle membrane lisosomiali, misurata attraverso il tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro, sono riportati in fig. 3.41. Nonostante delle lievi fluttuazioni, i risultati evidenziano l'assenza di variazioni statisticamente significative negli organismi prelevati dalla piattaforma rispetto a quelli di controllo, con tempi che scendono da  $100 \pm 6$  min del sito di riferimento a  $53 \pm 36$  e  $69 \pm 11$  min rispettivamente nel sito vicino e lontano dall'anodo sacrificale.



**Fig. 3.41** - Destabilizzazione delle membrane lisosomiali (media  $\pm$  Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

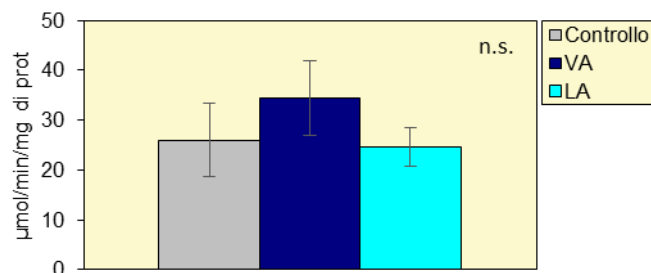
In generale, i tempi di destabilizzazione osservati sono risultati buoni e comparabili, in alcuni casi superiori, a quelli che si misurano durante il periodo invernale in organismi di riferimento (Petrovic *et al.*, 2004; Bocchetti e Regoli, 2006) o provenienti da altri impianti



di estrazione off-shore dell'Adriatico (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b, 2013; 2015a; 2016a; Gorbi *et al.*, 2008; Gomiero *et al.*, 2011; 2015).

### 3.6.2.6 Attività della Catalasi

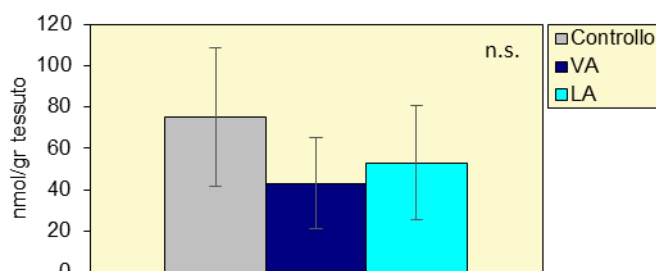
Per quanto riguarda il sistema antiossidante, l'attività della catalasi rappresenta un “early warning signal” cellulare utile per valutare preventivamente situazioni di stress cellulare conseguenti alla presenza di contaminazione ambientale. Seppur con qualche variazione, nessuna differenza statisticamente significativa rispetto agli organismi di riferimento è stata misurata nelle ghiandole digestive dei mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW (fig. 3.42). Anche i valori misurati per questo parametro sono simili a quelli rilevati in organismi provenienti da aree di riferimento e non suggeriscono alcun effetto legato alla possibile contaminazione da parte delle attività della piattaforma (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).



**Fig. 3.42** - Attività della catalasi (media  $\pm$  Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

### 3.6.2.7 Livelli di Malondialdeide

Anche per quanto riguarda i livelli di malondialdeide non è stata riscontrata alcuna variazione statisticamente significativa tra i mitili prelevati dai due siti della piattaforma Clara NW e quelli di riferimento (fig. 3.43).

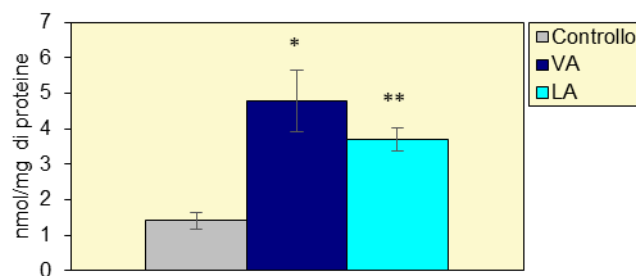


**Fig. 3.43** - Contenuti di malondialdeide (media  $\pm$  Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

I valori medi risultano tendenzialmente paragonabili a quelli misurati nel periodo invernale in organismi del medio Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012) o su analoghe piattaforme offshore (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2013).

### 3.6.2.8 Livelli di Metallotioneine

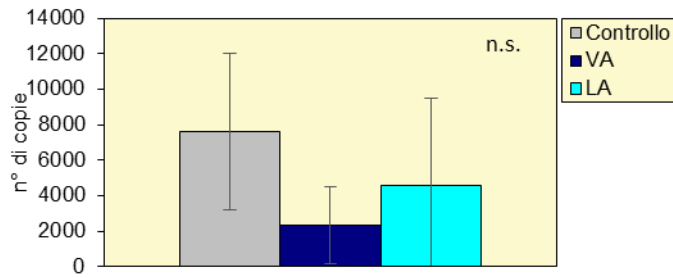
Variazioni statisticamente significative sono state osservate per i livelli di metallotioneine, proteine citosoliche indotte dalla presenza di alcuni metalli in traccia, con valori che passano da  $1,41 \pm 0,23$  nmol/ mg di proteine nel sito di riferimento a  $4,79 \pm 0,86$  e  $3,70 \pm 0,32$  nmol/mg di proteine rispettivamente nei mitili prelevati vicino l’anodo e lontano dall’anodo sacrificale (fig. 3.44). Nonostante queste differenze, i valori sono comparabili a quelli osservati in aree di riferimento del medio Adriatico e a quelli di organismi provenienti da impianti di estrazione off-shore in Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008).



**Fig. 3.44** - Contenuto di metallotioneine (media ± Dev.St) ottenute nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell’inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Gli asterischi indicano differenze statisticamente significative rispetto al controllo; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

### 3.6.2.9 Livelli mRNA delle metallotioneine mt10 e mt20

I risultati dell’amplificazione selettiva delle due sequenze geniche relative a *mt10* e *mt20*, responsabili della sintesi delle proteine metallo-chelanti metallotioneine, sono riportati in fig. 3.45. Le due isoforme di metallotioneine investigate sono rappresentate dall’isoforma costitutiva (*mt10*) e da quella inducibile (*mt20*). I risultati evidenziano l’assenza dell’isoforma inducibile (*mt20*) che ha mostrato dei valori al di sotto del limite di rilevabilità e l’assenza di variazioni tra i siti per quanto riguarda l’isoforma costitutiva, evidenziando quindi la probabile assenza di metalli in traccia responsabili dell’induzione della trascrizione genica in prossimità della piattaforma.



**Fig. 3.45** - Livelli di espressione genica *mt10* (media  $\pm$  Dev.St) ottenuti nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

### 3.7. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

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

Nell'inverno 2019, come già in precedenza (Fabi *et al.*, 2019b), i maggiori valori di Densità lungo entrambi i transetti sono stati ottenuti in corrispondenza di entrambi i siti della piattaforma (fig. 3.46), dove l'indice è oscillato tra  $116,00 \pm 5,89$  (BO NE) e  $279,50 \pm 21,78$  ind/0,095 m<sup>2</sup> (BO SE). A 30 m di distanza è avvenuto un drastico decremento della densità che, con la sola eccezione di B4 ( $83,33 \pm 1,83$  ind/0,095 m<sup>2</sup>), ha fatto raggiungere valori rimasti poi costanti sino alla massima distanza e comparabili con quelli dei controlli, questi ultimi oscillati tra  $35,17 \pm 6,15$  (K2) e  $49,50 \pm 11,71$  ind/0,095 m<sup>2</sup>.

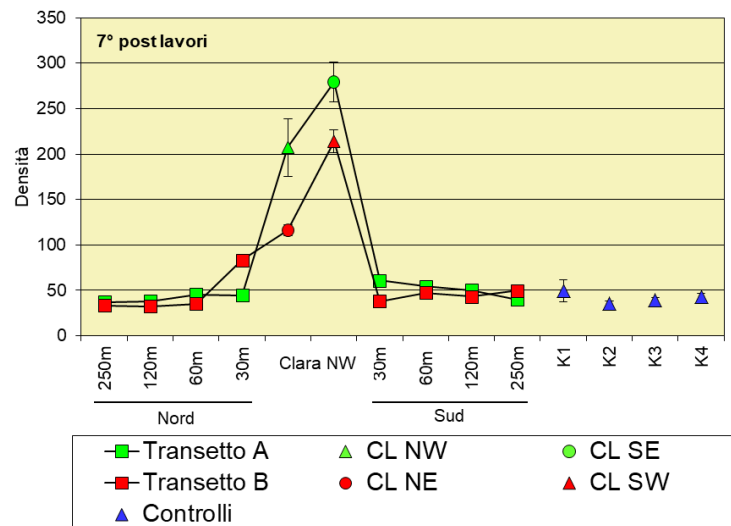


Fig. 3.46 – Densità ( $\pm$  e.s.) registrate presso i siti monitorati nell'inverno 2019.

Rispetto all'estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019b) le maggiori variazioni sono state evidenziate presso la piattaforma dove N è aumentato lungo l'asse NW-SE ed è diminuito in CL SW. Rispetto al pre-survey è avvenuto un incremento ovunque, comparabile presso i controlli e a 60 m da Clara NW e molto più accentuato presso la struttura.

Come riscontrato in tutti i campionamenti condotti dopo l'installazione, anche nel 7° survey post lavori i policheti Paraonidae hanno costituito il taxon più abbondante ovunque, seguiti dal mollusco gasteropode *Hyala vitrea*, dai policheti *Aphelochaeta filiformis* e *Paradiopatra calliopae* e dal crostaceo decapode *Callianassa subterranea* (Tab. 3-XXVII). Tale situazione è stata rinvenuta anche nei siti CL, ma presso CL SE è degna di nota la densità del mollusco bivalve *Anomia ephippium*, organismo a larga ripartizione ecologica che vive adeso a substrati duri, a volte rappresentati anche da gusci di conchiglie.

**Tab. 3-XXVII** – Lista e densità (n. ind/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nell’inverno 2019. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. AP = Biocenosi delle Alge Fotofile; C = Bioc. del Coralligeno; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Biocenosi del Detritico Infangato; DL= Bioc. del Detritico del Largo; Glar = Glareicolo; HP = Bioc. delle praterie di Posidonia; Lim = limicolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; MI = Bioc. dei Fondi Mobili Instabili; Minut = minucicolo; Mixt = misticolo; MO = indicatore della presenza di materia organica; Sd = substrato duro; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; SGCF = Bioc. delle Ghiaie fini sotto l’influsso di correnti di fondo; Sm = substrato mobile; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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
<b>Briozoi</b>																									
	<i>Aetea truncata</i>					0,17	1,00								0,50										
	<i>Amathia semiconvoluta</i>																	0,17							
	<i>Cellaria salicornioides</i>	Mixt	0,50	0,33	0,67	0,33	0,33	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,50		0,17	0,33	0,17	0,33	0,33	0,17	0,17	0,17		0,17	
	<i>Crisia</i> sp					0,17		0,17							0,17	0,33									
	<i>Fenestrelina malusii</i>	HP						0,33							0,17										
	<i>Microporella appendiculata</i>	C													0,17										
	<i>Microporella ciliata</i>	HP													0,17										
	<i>Schizoporella errata</i>	Lre			0,17	0,17	0,83	0,83	0,17	0,17				0,17	0,50	0,50	0,67								
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Sd			0,33	0,17	1,00	0,17	0,17		0,33			0,17	0,33	0,67									
	<i>Triticella flava</i>		0,17	0,17		0,50	0,17	0,33		0,17			0,17	0,33	0,17	0,17	0,17	0,33	0,33	0,33	0,17				
	<i>Tubulipora</i> sp							0,33							0,33	0,17	0,33								
<b>Cnidari</b>																									
	<b>Antozoi</b>																								
	<i>Actinaria</i> nd					0,33	1,50	0,33							0,17	0,33									
	<i>Alcyonium palmatum</i>	DE					0,17																		
	<i>Anthozoa</i> nd			0,17		0,33	0,50	0,83		0,17				0,17	0,50	0,67	0,17	0,33	0,17	0,50			0,17		
	<i>Edwardsia claparedii</i>	SFBC		0,17	0,33		1,00	0,33	0,33	0,33		0,50	0,33	0,33	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,33	0,17	0,50	0,17	0,17	
	<i>Epizoanthus</i> sp				0,50	2,50	10,67	1,00		0,33					4,67	5,00	3,33								
	<i>Funiculina quadrangularis</i>	Lim							0,17																
	<i>Madreporaria</i> nd							0,17																	
	<i>Stolonifera</i> nd							0,17																	
	<i>Virgularia mirabilis</i>	VTC						0,17				0,17													
	<b>Idrozoi</b>																								
	<i>Hydroidea</i> nd		0,17			0,50	0,17								0,17	0,17									
<b>Crostacei</b>																									
	<b>Anfipodi</b>																								
	<i>Acidostoma nodiferum</i>	Lre						0,33		0,17	0,17								0,17						
	<i>Ampelisca diadema</i>	DE	0,17	0,17		0,33	0,83		0,50						0,17	0,17	0,50					0,33			
	<i>Caprella equilibra</i>	AP						0,33																	
	<i>Corophium</i> sp							0,17									0,33								
	<i>Erichthonius punctatus</i>	HP																							
	<i>Eriopisa elongata</i>	VB			0,17										0,17						0,17				
	<i>Gammaropsis</i> sp																								
	<i>Halice walkeri</i>	Lim	0,17																						

Tab. 3- XXVII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli							
		A1 250	A2 120	A3 60	A4 30	CL NW 0	CL SE 0	A5 30	A6 60	A7 120	A8 250	B1 250	B2 120	B3 60	B4 30	CL NE 0	CL SW 0	B5 30	B6 60	B7 120	B8 250	K1 2000	K2 2000	K3 2000	K4 2000		
<b>Crostacei</b>																											
Anfipodi	<i>Harpinia crenulata</i>	Lim														0,17											
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC									0,17	0,50		0,33				0,17	0,33	0,17	0,33		0,33		0,33		
	<i>Hippomedon bidentatus</i>	VTC							0,17																		
	<i>Jassa marmorata</i>	Lre													0,17	0,33	0,17										
	<i>Leptocheirus guttatus</i>	Sm			0,33																						
	<i>Leucothoe incisa</i>	SFBC			0,17						0,17	0,17								0,17			0,17				
	<i>Leucothoe liljeborgi</i>	MO		0,33						0,17			0,17											0,17			
	<i>Leucothoe oboa</i>	Lim							0,17																		
	<i>Liljeborgia psaltrica</i>	DC											0,17										0,17				
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC																									
	<i>Othomaera schmidtii</i>	VB					0,17	0,17	0,17	0,17						0,17	0,33							0,17			
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt			0,17	0,67		0,33	0,17	0,17		0,33	0,33		0,33	0,17	0,33	0,17		0,33	0,17	0,17	0,17	0,33			
	<i>Phtisica marina</i>	Lre						0,17																			
	<i>Stenothoe cavimana</i>	AP														0,50											
	<i>Tryphosella longidactyla</i>	VTC							0,17				0,17			0,17											
	<i>Urothoe sp</i>																						0,50				
Copepodi	Copepoda nd								0,17															0,17			
Cumacei	Cumacea nd																										
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt		0,17	0,33			0,67	0,17	0,17		0,33				0,17	0,17	0,17								0,17	
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC			0,33			0,67	0,50	0,33						0,50	0,67					0,17	0,33				
	<i>Anapagurus bicorniger</i>	Lim							0,17																		
	<i>Anapagurus sp</i>															0,17	0,17	0,17									
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	2,33	1,33	1,33	0,67	0,67	0,83	1,33	1,33	1,17	1,17	1,67	1,83	1,33	1,00	1,00	0,83	1,17	1,50	1,00	1,67	1,33	2,00	1,83	2,17	
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	VB																						0,17			
	<i>Eurynome aspera</i>	DC																									
	<i>Galathea intermedia</i>	C						0,17	1,00						0,17	0,17											
	<i>Galathea sp</i>																										
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,17	0,17		0,67	0,17	1,00	0,33	0,50		0,17	0,17	0,50	0,33	0,17	0,17	0,33	0,17	0,33	0,17	0,33	0,33		0,17	0,17	
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC				0,17	1,00	0,33	0,17	0,17																	
	<i>Liocarcinus maculatus</i>	Sab																									
	<i>Monodaeus couchi</i>	Lre						0,17	1,17							0,17	0,67										
	<i>Processa sp</i>							0,17	0,17							0,17	0,17										
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL						0,17	0,50																		
Isopodi	Bopyridae nd																							0,17			
	<i>Cirolana borealis</i>	Lre												0,17													
	<i>Eurydice sp</i>															0,17											
	<i>Gnathia sp</i>							0,50		0,33		0,17			0,67	1,00		0,33									
Ostracodi	Ostracoda nd																										
Tanaidacei	<i>Apseudes latreillii</i>	Minut																									
	<i>Apseudes spinosus</i>	HP																									
	<i>Leptognathia sp</i>																										
	<i>Pseudotanaia sp</i>																									0,17	

Tab. 3- XXVII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli						
		A1 250	A2 120	A3 60	A4 30	CL NW 0	CL SE 0	A5 30	A6 60	A7 120	A8 250	B1 250	B2 120	B3 60	B4 30	CL NE 0	CL SW 0	B5 30	B6 60	B7 120	B8 250	K1 2000	K2 2000	K3 2000	K4 2000	
<b>Echinodermi</b>																										
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB		0,17			0,17			0,17						0,17	0,17	0,17						0,33		
Ofiuroidei	<i>Amphiura chiajei</i>	VTC			0,33	0,83	4,00	0,17							0,67	1,50	0,33									
	<i>Ophiotrix fragilis</i>	Lre					0,33																			
	<i>Ophiura albida</i>	DC				0,33	0,50	0,17																		
Oloturoidei	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC	0,17	0,17			0,17			0,17	0,17	0,17				0,17			0,33					0,17	0,50	
<b>Molluschi</b>																										
Bivalvi	<i>Abra nitida</i>	VTC															0,17									
	<i>Abra prismatica</i>	DC		0,17			0,33										0,50									
	<i>Anomia ephippium</i>	Lre				3,67	57,33									3,00	0,67									
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt	0,17																	0,17	0,17					
	<i>Hemilepton nitidum</i>	C																			0,17	0,17				
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd				0,67	3,00	0,17								0,67	0,50									
	<i>Kellia suborbicularis</i>	DC					0,17										0,17									
	<i>Kelliella abyssicola</i>	Sm	0,17			0,17	0,83	3,17		0,33	0,33															
	<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC			0,17	0,83	3,17		0,33			0,17			0,33	0,33		0,33			0,50	0,17				
	<i>Mimachlamys varia</i>	DC				0,17	0,33	0,33																		
	<i>Modiolarca subpicta</i>	AP				1,50	1,50									0,83										
	<i>Modiolula phaseolina</i>	DC			0,17	0,33	0,83								0,33	0,50	0,17									
	<i>Myrtea spinifera</i>	MO				0,67	0,67									1,33										
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lre				0,17	0,67																			
	<i>Neopycnodonte cochlear</i>	Sd				0,17	3,50									0,67	0,17									
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim					1,00	0,17	0,50	0,17		0,17			0,67	0,50	0,17	0,17	0,33	0,17	0,17	0,17	0,17			
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim					0,17		0,17						0,17											
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt				0,33																				
	<i>Poromya granulata</i>	Mixt		0,17			0,17																			
	<i>Pteria hirundo</i>	Mixt														0,17										
	<i>Tellimya ferruginosa</i>	SFBC															0,17									
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim		0,33		0,33	0,17		0,17								0,67	0,33						0,17		
	<i>Thyasira subovata</i>	DC				0,50								0,17			0,17									
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim	0,17	0,17			0,33		0,17											0,17				0,17		
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre				0,17	1,00	0,33	0,33			0,17		0,33	0,83		0,33	0,33								
	<i>Venerupis aurea</i>	SVMC					0,17		0,17																	
Caudofoveati	<i>Falcdens gutturosus</i>	Lim		0,50	0,33	0,33	2,17	0,67						1,00	1,33	1,00	0,17	0,17								
Gasteropodi	<i>Alvania sp</i>				0,17	0,17	0,17									0,17										
	<i>Bela brachystoma</i>	Lre					0,17																			
	<i>Bittium latreillii</i>	Sd			0,17		0,50																			
	<i>Capulus ungaricus</i>	DC					0,17																			
	<i>Cylichna cylindracea</i>	SFBC					0,17																			
	<i>Epitonium pulchellum</i>	SFBC					0,17																			
	<i>Eulima bilineata</i>	MO					0,50																			
	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC	3,33	2,33	3,83	3,00	14,67	3,83	1,50	6,50	9,50	7,67	5,67	4,17	3,67	1,67	2,50	10,00	5,50	5,00	6,33	9,17	2,83	6,17	7,00	9,50
	<i>Odotomia sp</i>						0,33																			
	<i>Polinices nitida</i>	Sab					0,17										0,33									

Tab. 3- XXVII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli						
		A1 250	A2 120	A3 60	A4 30	CL NW 0	CL SE 0	A5 30	A6 60	A7 120	A8 250	B1 250	B2 120	B3 60	B4 30	CL NE 0	CL SW 0	B5 30	B6 60	B7 120	B8 250	K1 2000	K2 2000	K3 2000	K4 2000	
<b>Molluschi</b>																										
Gasteropodi	<i>Turritella communis</i>	VTC	0,17	0,17		0,17	0,33			0,33				0,17						0,17						0,17
<b>Nemertini</b>																										
Nemertea	nd		1,33	1,00	1,33	1,67	1,50	3,33	1,17	0,67	1,33	1,00	0,67	0,50	1,00	1,83	2,00	5,67	1,67	0,67	0,83	0,83	2,67	1,33	0,67	2,33
<b>Pantopodi</b>																										
Picnogonidi	<i>Pycnogonida</i> nd							0,17								0,17										
<b>Platelminti</b>																										
Platelminta	nd							0,67									0,17									
<b>Policheti</b>																										
<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,17	0,17	0,83	0,50	0,67	2,00	1,33	0,83		0,33	0,33		0,33	1,33	1,50	2,17	1,17	1,00	0,33	0,83	0,67	0,83	1,00	0,50	
<i>Ampharetidae</i> nd			0,17	1,17		0,17		0,17	0,50		0,17		0,50	0,67	0,67	1,83		0,17	0,17	0,33	0,33		0,50		0,50	
<i>Amphiteis gunneri</i>	Lim					0,17			0,17									0,17		0,33	0,33				0,17	
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB	0,67	0,67	0,50	0,17	0,83	0,50	0,33	0,17	0,67	0,83	0,17	0,33	0,17		0,67	0,33	0,50	0,83		0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	1,67	2,33	3,83	3,17	3,50	2,83	3,33	3,17	2,33	2,83	2,50	2,67	2,67	2,17	4,83	6,50	2,17	3,33	3,50	2,33	2,50	1,50	2,17	2,83	
<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO		0,50	0,83	0,50	1,00	1,17	1,33	0,67	0,67	0,33	0,50	0,17	0,50	1,00	1,00	1,50	0,33	0,83	0,50	0,50	0,50	0,33	0,67	1,17	
<i>Aphrodita aculeata</i>	VTC																									
<i>Capitellidae</i> nd											0,17		0,17													
<i>Chaetopteriidae</i> nd					0,33												0,33		0,17							
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,67		0,17			0,17		0,33	0,50	0,33		0,33	0,17	0,33	0,33	0,33	0,17	0,33	0,33	0,17	0,33			0,67	
<i>Cirratulidae</i> nd				0,17				0,17			0,17							0,17	0,17			0,17			0,33	
<i>Cossura soyeri</i>	Lim			0,17		0,83	1,17	0,50	0,33						0,17	0,17	0,83						0,33			
<i>Ditrupea arietina</i>	MI	0,33	0,33		0,17				0,17	1,33	1,00														0,17	
<i>Dorvillea rudolphii</i>	HP														1,00	2,00	0,83	0,33								
<i>Eteone</i> sp		0,17																								
<i>Filograna</i> sp							0,50										0,17									
<i>Glycera alba</i>	Lim		0,17			0,50	0,50	0,17		0,17	0,17		0,17	0,17			0,83	0,17	0,33	0,17						
<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,33	0,17			0,50	0,67	0,17		0,17	0,17	0,17	0,33	0,17		0,17	0,50			0,33	0,33	0,33	0,17		0,17	
<i>Glycera</i> sp		0,50		0,50	0,17		1,67	0,33	0,83	0,50	0,33	0,33	0,33	0,17		0,50	0,83		0,50	0,33	0,17	0,33	0,17	0,50	0,17	
<i>Glycera tessellata</i>	Sd	0,17	0,17	0,17			1,67	0,50	0,33							0,67	0,67						0,17			
<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC				0,17	0,17							0,17											0,17		
<i>Goniada maculata</i>	VTC									0,33						0,17										
<i>Harmothoe antilopes</i>	Mixt						0,17																			
<i>Harmothoe</i> sp			0,17	0,17		0,33	3,00	0,17	0,17	0,50	0,33		0,17			1,00	0,17		0,50	0,33	0,17	0,17			0,50	
<i>Hydroides elegans</i>	Sd						1,17									0,83										
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd						4,00		1,17							0,83	0,50									
<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC						0,17	0,17		0,17						0,33	0,17							0,17		
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,33	0,17	0,67	0,33	0,17	0,50			0,50						0,33	0,17	0,17			0,33					
<i>Magelona alleni</i>	VTC				0,50		0,50										0,67	0,17	0,17							
<i>Maldanidae</i> nd							0,17																			
<i>Malmgreniella lunulata</i>	DE						0,67	0,17									0,33									
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	0,67	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	0,83	0,33	0,67	0,67	0,50	1,00	0,83	1,50	1,17	1,17	0,83	0,50	0,33	0,17	0,83	0,33	0,33	1,00	
<i>Melinna palmata</i>	Minut	0,17					0,33	0,17	0,33	0,17				0,17				0,33	0,33			0,17				



Tab. 3- XXVII – Continuo.

		Transetto A										Transetto B								Controlli								
Stazione	Biocenosi	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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>Micronephthys sphaerocirrata</i>																				0,17							
	<i>Minuspio cirrifera</i>	0,33					0,17									0,33	0,33											
	<i>Nephtys hombergi</i>			0,17						0,17												0,17						
	<i>Nephtys hystricis</i>						0,33	0,17						0,17	0,33		0,50	0,17	0,17		0,33		0,17					
	Nereididae nd		0,17		0,17	0,83	1,17	0,33	0,17					0,17	0,50	0,67	1,33			0,17								
	<i>Ninoe armoricana</i>	Lim	0,67	0,33	0,67	0,50	0,67	1,50	0,17	0,67	0,33	0,33	0,67		1,33	0,33	1,83	0,83	1,00	0,67	0,50	0,33	0,33	0,17	0,33			
	<i>Notomastus aberans</i>	MO	0,17	0,67			0,50			0,17	0,50				0,17	0,33	0,33		0,17	0,17	1,00	0,83	0,17	0,17	0,17			
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	0,17	0,17	0,67	0,83		1,50	0,33	1,00	0,33	0,33	0,83	0,17		0,50	0,83	0,67	0,50	0,67	0,50	1,33	0,50	0,83	0,50			
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab	0,33	0,17	0,50	0,17		0,33	0,83	0,33	0,33	0,33	0,67		0,17	0,83	0,33	0,50	0,17	0,50	0,17				0,33			
	<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC														0,33	0,17											
	<i>Panthalis oerstedii</i>	VB			0,17	0,17																		0,17				
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	2,83	2,50	2,17	2,00	2,00	3,50	1,67	2,50	2,33	1,50	1,17	1,50	1,33	4,17	5,17	3,67	1,50	2,67	2,67	1,50	1,17	1,17	1,67	2,50		
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,50	0,17	0,67	0,33		0,50	2,17	0,67	0,50	0,67	0,50	0,83	0,83	0,50	1,17	1,33	1,83	0,67	0,83	0,50	0,67	0,67	0,33	0,50		
	Paraonidae nd		12,67	14,83	11,33	16,00		148,17	95,33	30,83	19,33	15,33	9,50	9,33	8,83	16,17	41,50	51,17	132,17	13,67	14,33	13,33	15,83	18,83	11,00	12,17	9,83	
	<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC																										
	<i>Pectinaria koreni</i>	Sab				0,33				0,17																		
	<i>Phyllodoce</i> sp															0,17	0,17							0,17				
	Phyllodoceidae nd																											
	<i>Phylo foetida</i>	SVMC			0,17		0,17				0,17											0,17						
	Pilargidae nd		0,67	1,50	1,17	1,00		0,83	1,00	0,33	0,50	0,50	0,67	0,67	1,00	0,50	0,17		1,00	0,67	0,50	0,50	0,67	0,67	1,33	0,33	1,00	1,00
	<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab								0,33	0,50	0,50	0,17							0,33								
	<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC														0,33								0,17		0,17		
	<i>Pomatoceros triqueter</i>	Sd														0,17	1,33											
	<i>Prionospio malmgreni</i>	SFBC				0,17																						
	<i>Prionospio</i> sp		0,67	0,50	1,67	0,50		0,83	1,00	0,83	0,33	1,33	0,83		0,17	0,17	0,67		0,83	1,17	0,33		0,67	0,83	0,33	0,17	0,50	
	<i>Prionospio steenstrupi</i>	Lre																										
	Sabellidae nd					0,50	1,33				0,17		0,17			0,17	0,33	0,33		0,17	0,33	0,17						
	<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim									0,17											0,50	0,17	0,17				
	<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt				0,33			0,33			0,17	0,50						0,17		0,17			0,17				
	<i>Scoletoma</i> sp		0,17	0,33	0,17		0,33		0,50		0,33	0,17			0,33	0,50	0,67		0,67	0,50	0,50	0,67	0,33	0,67	0,50			
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	0,33	1,17	0,17	0,17			0,17	0,50	0,33	0,17	0,67	0,17						1,17	0,67	0,83	1,83	0,33	0,67	0,50		
	<i>Serpula concharum</i>	Sd																										
	<i>Serpula vermicularis</i>	AP													0,17		0,33											
	Serpulidae nd															0,17												
	<i>Sigambra tentaculata</i>	Mixt																										
	Sphaerodoridae nd																0,17				0,17				0,17			
	Spionidae nd		0,50		1,33	2,83		2,17	2,33	1,33	0,67	1,33	0,50	0,33	0,83	1,17	1,17		1,33	6,83	0,50	2,00	1,00	1,00	0,83	1,17	1,33	0,83
	<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC												0,33	0,17	0,17			0,17	0,17	0,33	0,50	0,17					
	<i>Spiraserpula massiliensis</i>	Sd								0,17																		
	<i>Sternaspis scutata</i>	VTC			0,50			0,17	1,50	0,17	0,50		0,33	0,33		0,17	0,33		0,17			0,17				0,33		
	Syllidae juv																											
	<i>Syllis armillaris</i>	Lre								0,17							0,17											

Tab. 3- XXVII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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
<b>Policheti</b>																									
	<i>Syllis</i> sp			0,33			2,00								0,17										
	Terebellidae nd					0,33	0,83	0,33	0,83						0,67	0,33		0,17							
	<i>Terebellides stroemi</i>			0,17			0,17													0,17				0,17	
	<i>Thelepus cincinnatus</i>						0,17																		
	<i>Vermiliopsis infundibulum</i>						1,17																		
<b>Sipunculidi</b>																									
	<i>Aspidosiphon muelleri</i>		0,17					0,17			0,17	0,17			0,17	0,33									
	<i>Onchesoma steenstrupi</i>		0,83	1,67	1,33	1,33		1,17	1,67	1,33	2,00	1,67	1,00	0,33		1,17	1,50	0,17	1,33	0,17	1,33	1,00	0,50	0,50	0,50
	<i>Phascolion strombus</i>									0,17															0,17
	<i>Sipuncula</i> nd		1,33	1,17	0,67	1,17	1,17	1,17	1,33	1,00	1,17	0,83	1,67	0,50	1,50	1,33	0,83	0,83	1,67	2,17	1,67	0,50	0,50	1,00	2,00
<b>Densità totale</b>		<b>37,00</b>	<b>38,17</b>	<b>45,33</b>	<b>44,50</b>	<b>207,33</b>	<b>279,50</b>	<b>60,67</b>	<b>54,33</b>	<b>50,17</b>	<b>39,67</b>	<b>33,33</b>	<b>32,50</b>	<b>35,00</b>	<b>83,33</b>	<b>116,00</b>	<b>214,00</b>	<b>37,83</b>	<b>47,50</b>	<b>43,33</b>	<b>49,67</b>	<b>49,50</b>	<b>35,17</b>	<b>39,17</b>	<b>43,33</b>
<b>Ricchezza specifica totale</b>		<b>40</b>	<b>40</b>	<b>52</b>	<b>45</b>	<b>76</b>	<b>133</b>	<b>56</b>	<b>60</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>34</b>	<b>65</b>	<b>91</b>	<b>89</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>35</b>

Per quanto riguarda la Biomassa (fig. 3.47; Tab. 3-XXVIII), in generale anche nell'ultimo monitoraggio sono stati registrati valori molto bassi ma, come precedentemente (Fabi *et al.*, 2019b), anche nell'inverno 2019 sono stati rilevati dei picchi, precisamente in A3, CL SE, B5 e A8, oltre che nel controllo K2, determinati ovunque da esemplari dell'echinoideo *Brissopsis atlantica mediterranea* (fig. 3.48), specie di grandi dimensioni, affiancato da *M. galloprovincialis* in CL SE. Tali picchi erano caratterizzati da elevati errori standard risultando pertanto confrontabili tra loro e quasi tutti con le altre stazioni di campionamento.

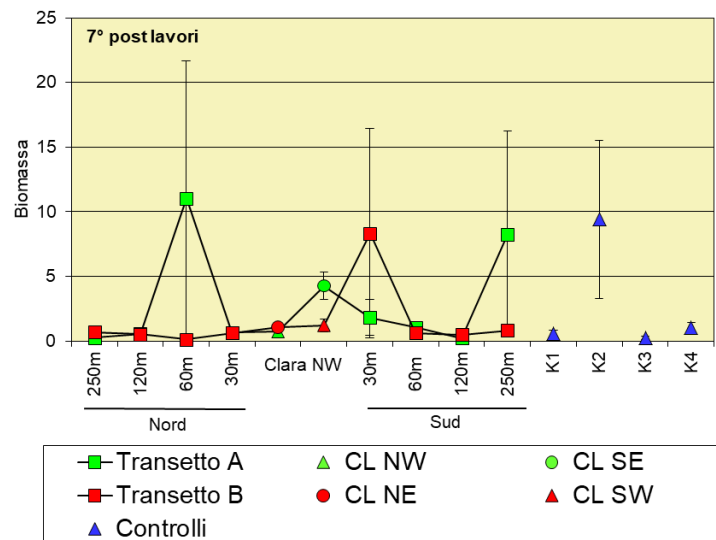


Fig. 3.47 – Biomassa ( $\pm$  e.s.) registrata nell'inverno 2019 (7° survey post lavori di installazione).

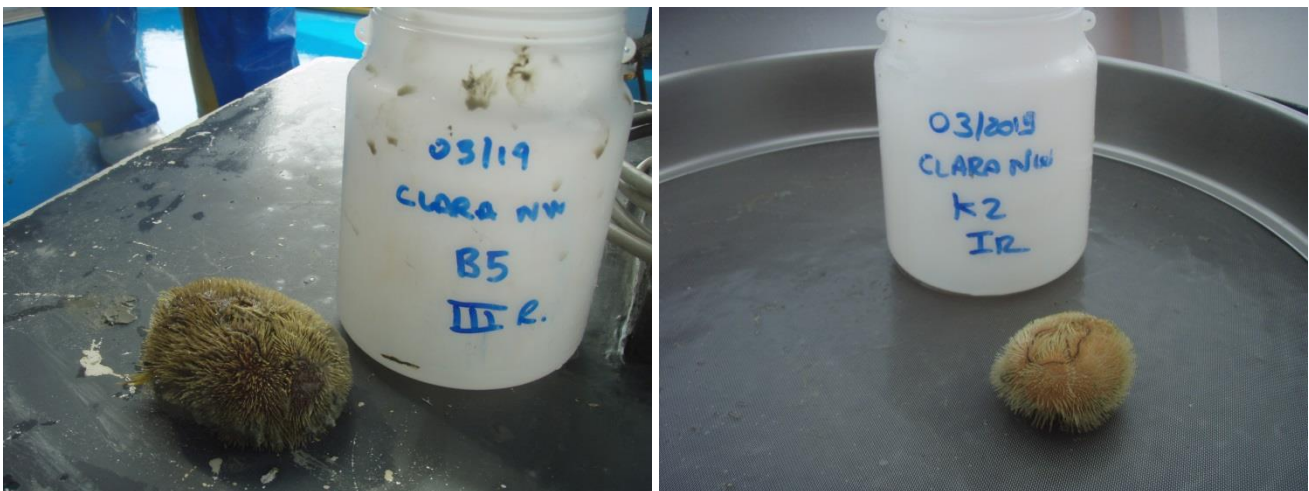


Fig. 3.48 – Esemplari di *B. atlantica mediterranea* rinvenuti in una replica prelevata dai siti B5 e K2 nell'inverno 2019.

**Tab. 3-XXVIII** – Lista e biomassa (gr. 0,095/m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 7° survey post lavori. \* = <0,001 gr/0,095 m<sup>2</sup>.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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
<b>Briozoi</b>																								
<i>Aetea truncata</i>					*	*									*									
<i>Amathia semiconvoluta</i>																		*						
<i>Cellaria salicornioides</i>	0,007	0,003	0,014	0,003	0,006	0,007	0,005	0,003	0,002	0,004	0,005	0,008		0,004	0,004	*	0,003	0,006	0,001	*	*		0,003	
<i>Crisia</i> sp					*		*								*	*								
<i>Fenestrulina malusii</i>						0,002									*	*								
<i>Microporella appendiculata</i>															*	*								
<i>Microporella ciliata</i>															0,003									
<i>Schizoporella errata</i>				0,003	*	0,016	0,036	0,001	*				0,006	0,002	0,005	0,006								
<i>Scrupocellaria scruposa</i>				*	*	0,002	*	*		0,001				*	*	*								
<i>Triticella flava</i>	*	*		*	*	*			*			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tubulipora</i> sp						0,008								0,001	*	0,004								
<b>Cnidari</b>																								
<b>Antozoi</b>																								
<i>Actinaria</i> nd					0,005	0,006	0,001								*	0,003								
<i>Alcyonium palmatum</i>						0,021																		
<i>Anthozoa</i> nd		*			0,001	0,014	0,007		*					*	0,001	0,002	*	*	*	0,003			0,001	
<i>Edwardsia claparedii</i>		0,022	0,040			0,071	0,111	0,159	0,035		0,449	0,210		0,094	0,018	*	0,092	0,035					0,001	
<i>Epizoanthus</i> sp				0,001	0,011	0,136	0,004		0,001					0,054	0,036	0,023								
<i>Funiculina quadrangularis</i>								0,001																
<i>Madreporaria</i> nd						0,067																		
<i>Stolonifera</i> nd						0,004																		
<i>Virgularia mirabilis</i>						0,001					0,001													
<b>Idrozoi</b>																								
<i>Hydroidea</i> nd	*				0,020	0,001								*	0,001									
<b>Crostacei</b>																								
<b>Anfipodi</b>																								
<i>Acidostoma nodiferum</i>						0,001	*	*										*						
<i>Ampelisca diadema</i>	*	*			*	*	*							*	*	0,001					*			
<i>Caprella equilibra</i>						*									*	*								
<i>Corophium</i> sp						*									*	*								
<i>Erichthonius punctatus</i>						*									*	*								
<i>Eriopisa elongata</i>			*											0,001	*	*				0,001				
<i>Gammaropsis</i> sp															*	*								
<i>Halice walkeri</i>	*														*	*								
<i>Harpinia crenulata</i>						*									*	*								
<i>Harpinia dellavallei</i>									*	*		*			*	*		*	*	*	*	*	*	*
<i>Hippomedon bidentatus</i>								0,001							*	*					*	*	*	*
<i>Jassa marmorata</i>						*								*	*	*								
<i>Leptocheirus guttatus</i>			*												*	*								
<i>Leucothoe incisa</i>			*						*	*					*	*			*	*	*	*	*	*
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>		*					*	*			*	*			*	*			*	*	*	*	*	*
<i>Leucothoe oboa</i>							*	*			*	*			*	*			*	*	*	*	*	*
<i>Liljeborgia psaltrica</i>												*	*		*	*			*	*	*	*	*	*
<i>Orchomene grimaldii</i>												*	*		*	*			*	*	*	*	*	*

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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
<b>Crostacei</b>																								
Anfipodi																								
<i>Othomaera schmidtii</i>					0,002	0,002		0,002	0,001						0,001								0,001	
<i>Paraphoxus oculatus</i>			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Phtisica marina</i>					*	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stenothoe cavimana</i>					*	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tryphosella longidactyla</i>								*				*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Urothoe sp</i>																					*	*	*	*
Copepodi																								
Copepoda nd							*													*	*	*	*	
Cumacei																								
Cumacea nd						*			*		*								*	*	*	*	*	
<i>Eudorella truncatula</i>		*	*			*			*		*						*	*	*	*	*	*	*	*
Decapodi																								
<i>Alpheus glaber</i>			0,043		0,224	0,052		0,113							0,033	0,058						0,015	0,015	
<i>Anapagurus bicorniger</i>							0,001																	
<i>Anapagurus sp</i>														0,000	0,001	0,001								
<i>Callinassa subterranea</i>	0,018	0,013	0,019	0,006	0,009	0,011	0,016	0,024	0,011	0,010	0,013	0,025	0,015	0,008	0,013	0,012	0,013	0,022	0,010	0,025	0,006	0,017	0,015	0,019
<i>Chlorotocus crassicornis</i>																							0,057	
<i>Eurynome aspera</i>						0,001																		
<i>Galathea intermedia</i>					0,002	0,015								0,003	0,001									
<i>Galathea sp</i>						0,001																		
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,017	0,022		0,306	0,014	0,312	0,001	0,424		0,021	0,028	0,142	0,056	0,049	0,003	0,116	0,124	0,112	0,027	0,106	0,146	*	*	
<i>Jaxea nocturna</i>				0,011			0,051		0,008											0,005	0,019			
<i>Liocarcinus maculatus</i>						0,001									0,000									
<i>Monodaeus couchi</i>					0,018	0,148									0,472									
<i>Processa sp</i>					0,013	0,002									0,002									
<i>Upogebia deltaura</i>					0,004	0,030																		
Isopodi																								
Bopyridae nd																					*	*	*	*
<i>Cirolana borealis</i>													0,008											
<i>Eurydice sp</i>						0,001								0,040										
<i>Gnathia sp</i>						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ostracodi																								
Ostracoda nd						*									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Tanaidacei																								
<i>Apseudes latreillii</i>						0,002									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Apseudes spinosus</i>																*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Leptognathia sp</i>																*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudotanaïs sp</i>																*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Echinodermi</b>																								
Echinoidei																								
<i>Brissoopsis atlantica mediterranea</i>			10,661			0,927	1,433		7,970						0,163	0,397	7,997					9,045		
Ofiuroidei																								
<i>Amphiura chiajei</i>				0,007	0,031	0,117	0,001							0,034	0,017	0,013								
<i>Ophiotrix fragilis</i>					*	0,004	*																	
<i>Ophiura albida</i>					*	0,001	*			0,024	0,069	*												
Oloturoidei																								
<i>Labidoplax digitata</i>		0,035	0,082			0,058			0,024	0,069	*				0,003			0,378				0,074	0,476	
<b>Molluschi</b>																								
Bivalvi																								
<i>Abra nitida</i>																0,102								
<i>Abra prismatica</i>			*			0,001									0,002									

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli						
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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	
<b>Molluschi</b>																									
Bivalvi																									
<i>Anomia ephippium</i>					0,001	0,039									0,005	*									
<i>Azorinus chamasolen</i>		0,328																	0,324	0,319					
<i>Hemilepton nitidum</i>																				*					
<i>Hiatella arctica</i>					0,001	0,022	*								0,003	0,001									
<i>Kellia suborbicularis</i>						*																			
<i>Kelliella abyssicola</i>	*				*				*	*															
<i>Kurtiella bidentata</i>				*	0,001	0,002			*		*			*	*		*		*	*	*	*	*	*	*
<i>Mimachlamys varia</i>					0,002	0,004										0,002									
<i>Modiolarca subpicta</i>					0,001	0,004									0,001										
<i>Modiolula phaseolina</i>				*	*	0,001								*	0,005	*									
<i>Myrtea spinifera</i>					0,004	0,004										0,017									
<i>Mytilus galloprovincialis</i>					*	1,108																			
<i>Neopycnodonte cochlear</i>					0,004	0,460									0,039	0,017									
<i>Nucula nitidosa</i>						0,001		*	*			*		*	0,006		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nucula sulcata</i>						0,021			0,047					0,182					0,019						
<i>Parvicardium minimum</i>					*																				
<i>Poromya granulata</i>				*		*																			
<i>Pteria hirundo</i>															*										
<i>Tellimya ferruginosa</i>																0,001									
<i>Thyasira biplicata</i>				0,002	0,004	0,001		0,001								0,012	0,002							0,001	
<i>Thyasira subovata</i>				*	*	*		*						*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
<i>Thyasira succisa</i>	*		*		*	*		*						*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
<i>Timoclea ovata</i>					*	0,007	0,001				*		*	0,001			*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Venerupis aurea</i>					*	*		*						*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
Caudofoveati																									
<i>Falci-dens guttu-rosus</i>			*	*	*	0,004	0,002							*	0,002	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	
Gasteropodi																									
<i>Alvania</i> sp				*	*	0,001								*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
<i>Bela brachystoma</i>					*	*								*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
<i>Bittium latreillii</i>				*		0,003																			
<i>Capulus ungaricus</i>						*																			
<i>Cylichna cylindracea</i>						*																			
<i>Epitonium pulchellum</i>						*																			
<i>Eulima bilineata</i>						0,001																			
<i>Hyala vitrea</i>	0,003	0,002	0,003	0,002	0,009	0,003	0,001	0,005	0,011	0,009	0,005	0,004	0,003	0,001	0,002	0,007	0,004	0,004	0,006	0,010	0,004	0,007	0,009	0,011	
<i>Odostomia</i> sp						*																			
<i>Polinices nitida</i>						0,005										0,006									
<i>Turritella communis</i>	0,122	0,001		0,152	0,002			0,178			0,068			0,017					0,062						0,153
<b>Nemertini</b>																									
Nemertea nd	0,002	*	0,012	0,001	*	0,020	0,001	*	0,001	0,002	0,001	*	*	0,018	0,001	0,002	0,001	*	*	0,001	0,002	0,001	*	0,001	
<b>Pantopodi</b>																									
Picnogonidi																									
<i>Pycnogonida</i> nd						*									*										
<b>Platelminti</b>																									
<i>Platelminta</i> nd						*									*										

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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>Ampharete acutifrons</i>	*	*	0,001	*	*	0,002	0,003	0,001	*	*	*	*	*	0,001	0,001	0,001	*	0,002	*	0,001	0,001	0,001	0,001	*
Ampharetidae nd		*	*		*	*	*	*		*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Amphiteis gunneri</i>					*	*	*	*		*					*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	0,001	*	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	*	0,001	0,001	*	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*	0,001	0,001	0,001
<i>Aphelochaeta marioni</i>		*	*	*	0,001	*	0,002	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphrodita aculeata</i>						0,113																		
Capitellidae nd									*			*												
Chaetopteridae nd				0,002										0,006		0,003								
<i>Chaetozone caputesocis</i>	0,003		0,001		*	*	0,001	0,002	0,001		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	*	0,001			0,001
Cirratulidae nd			*				*	*	*						0,001	0,001	0,001	*	*	*	*		0,001	
<i>Cossura soyeri</i>			*		*	*	*	*	*					*	*	*						*		
<i>Ditrupea arietina</i>	*	*		*			*	*	*					*	*	*			*	*			*	*
<i>Dorvillea rudolphii</i>						0,001								*	0,001	*	*	*	*	*				
<i>Eteone</i> sp	*					*								*	*	*			*	*				
<i>Filograna</i> sp						*								*	*	*			*	*				
<i>Glycera alba</i>		0,002			0,001	0,002	0,008		0,002			0,003	0,001	0,001		0,004	0,009	*	0,002					
<i>Glycera rouxii</i>	0,002	0,029			0,009	0,009	0,055		0,001	0,002	0,001	0,005		*	0,013	*	*	*	*	0,002	0,001	0,037	0,001	
<i>Glycera</i> sp	*		*	*		0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Glycera tessellata</i>	0,006	0,001	*			0,006	0,002	0,002							0,002	0,004				0,016	0,001			
<i>Glycera triactyla</i>				0,065	0,194	*					0,037				*	*								
<i>Goniada maculata</i>						*			*						*	*								
<i>Harmothoe antilopes</i>						0,009									*	*								
<i>Harmothoe</i> sp		*	*		*	0,010	0,001	*	*	0,001		*	*		0,004	*		0,001	0,001	*	*			0,001
<i>Hydroides elegans</i>						0,003									0,001	*								
<i>Hydroides norvegicus</i>						0,005	0,003								0,002	*								
<i>Labioleanira yhleni</i>						0,011	0,016	0,001		0,015					0,022	0,054							0,003	
<i>Lumbrineris gracilis</i>	*	0,001	0,001	*	*	0,003			0,001						*	*	*	*	*	*				
<i>Magelona alleni</i>				*		*									*	*		0,001						
Maldanidae nd						0,005									*	*								
<i>Malmgreniella lunulata</i>						0,007	0,002								*	0,006								
<i>Marphysa bellii</i>	0,041	0,066	0,052	0,064	0,045	0,103	0,047	0,055	0,076	0,118	0,022	0,081	0,029	0,053	0,115	0,110	0,042	0,021	0,021	0,026	0,071	0,030	0,046	0,154
<i>Melinna palmata</i>	*					*	0,001		*	*			*	*	*	*		0,001			*			
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>						*									*	*			*	*				
<i>Minuspio cirrifera</i>	*					*									*	*			*	*				
<i>Nephtys hombergi</i>			0,003						0,002						*	0,004	*	*	*	*	0,008	*		
<i>Nephtys hystricis</i>						0,004	0,013						*	0,004		0,026	*	*	*	0,004		*		
Nereididae nd		*		*	0,001	0,002	0,001	*					0,001	0,001	0,002	0,002	*	*	*	*				
<i>Ninoe armicana</i>	0,004	0,002	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002	0,016	0,003	0,003	*	0,018		0,003	*	0,006	0,005	0,010	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,001
<i>Notomastus aberans</i>	0,003	0,006			0,012	*	*	*	0,001	0,006				0,002	0,003	0,001	*	0,002	0,002	0,008	0,009	0,002	0,003	0,002
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transecto A										Transecto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL 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
<b>Policheti</b>																								
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Owenia fusiformis</i>					*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*				*
<i>Panthalis oerstedii</i>			0,071	0,010											*	*	*	*	*	*		0,072		
<i>Paradiopatra calloipae</i>	0,002	0,004	0,002	0,001	0,002	0,007	0,001	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,006	0,007	0,004	0,001	0,003	0,006	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	0,001	0,001	*	0,001	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*
Paraonidae nd	0,002	0,002	0,001	0,001	0,016	0,011	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,005	0,014	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
<i>Paraprionospio pinnata</i>					*	*		*							*	*								*
<i>Pectinaria koreni</i>				0,001				*																*
<i>Phyllodoce</i> sp						*									*	*								*
Phyllodocidae nd						*			*															*
<i>Phylo foetida</i>			*		0,006				*												0,013			
Pilargidae nd	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>					*	*		*	*	*					*	*								*
<i>Poecilochetus serpens</i>					*	*		*	*	*					*	*								*
<i>Pomatoceros triqueter</i>					0,001	0,014										0,002						0,001		*
<i>Prionospio malmgreni</i>				*					*	*														*
<i>Prionospio</i> sp	*	*	0,001	*	*	*	0,001	*	*	*					0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Prionospio steenstrupi</i>					*	*			*	*					*	*								*
Sabellidae nd					*	0,003			*	*				*	*	*		*	*	*				*
<i>Scalibregma inflatum</i>						*			*	*				*	*	*		*	*	*	0,001	0,001	0,001	
<i>Scoletoma impatiens</i>				0,001		*			*	*	*	0,001			*	*	*	*	*	*		*		
<i>Scoletoma</i> sp	*	0,009	*	*	0,001	0,005	0,001	0,001	*	*	*	0,003		0,001	*	0,001	0,006	0,004	0,005	0,001	0,007	0,008	0,001	
<i>Scoloplos armiger</i>	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Serpula concharum</i>						*			*	*					*	*								*
<i>Serpula vermicularis</i>					*	0,033			*	*				*	*	0,001								*
Serpulidae nd						*			*	*				*	*	*								*
<i>Sigambra tentaculata</i>						*		*	*	*				*	*	*			*	*				*
Sphaerodoridae nd						*		*	*	*				*	*	*			*	*				*
Spionidae nd	0,000		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	0,002	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>						*		*	*	*				*	*	*	*	*	*	*				*
<i>Spiraserpula massiliensis</i>						*		*	*	*				*	*	*								*
<i>Sternaspis scutata</i>			0,007		0,022	0,080	0,004	0,029	0,023	0,054			0,007	0,011	0,039	0,086	0,033				0,073			0,186
Syllidae juv						*		*	*	*				*	*	*								*
<i>Syllis armillaris</i>						*		*	*	*				*	*	*								*
<i>Syllis</i> sp			*			0,002		*	*	*				*	*	*								*
Terebellidae nd					*	0,001	0,018	0,016						0,004	0,016	0,048	*							*
<i>Terebellides stroemi</i>			0,001																0,009				0,003	
<i>Thelepus cincinnatus</i>						0,005																		*
<i>Vermiliopsis infundibulum</i>						0,014																		*
<b>Sipunculidi</b>																								
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	0,006						0,005		0,000	0,007					*	0,004								
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,002	0,002	0,002	0,001		0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,001	*		0,001	0,002	0,001	*	0,002	*	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Phascolion strombus</i>					*		*	*	*	*				*	*	*								0,004
<i>Sipuncula</i> nd	0,010	0,002	*	0,001	*	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	*	0,002	0,012	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	*	*	0,001	0,004
<b>Biomassa totale</b>	<b>0,252</b>	<b>0,554</b>	<b>11,031</b>	<b>0,647</b>	<b>0,726</b>	<b>4,270</b>	<b>1,826</b>	<b>1,051</b>	<b>0,239</b>	<b>8,266</b>	<b>0,701</b>	<b>0,511</b>	<b>0,134</b>	<b>0,615</b>	<b>1,078</b>	<b>1,218</b>	<b>8,334</b>	<b>0,608</b>	<b>0,502</b>	<b>0,819</b>	<b>0,549</b>	<b>9,405</b>	<b>0,263</b>	<b>1,025</b>



### 3.7.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Analogamente a quanto osservato sin dall'inizio del monitoraggio della piattaforma Clara NW (Fabi *et al.*, 2019b), i popolamenti bentonici rinvenuti nell'inverno 2019 sono risultati prevalentemente composti da taxa tipici di fondo mobile e, in particolare, da organismi limicoli (Lim), seguiti dagli indicatori di materia organica nel sedimento (MO) e/o sabulicoli (Sab) e/o misticoli (Mixt; Tab. 3-XXIXa). In corrispondenza di CL NE e CL SW dopo i Lim il maggior numero di taxa è stato raggiunto per gli organismi tipici di substrato roccioso (Sd).

Anche in termini di numero di individui i Lim sono apparsi e meglio rappresentati ovunque eccetto in corrispondenza di CL SE dove sono risultate più numerose le specie a larga ripartizione ecologica (Lre), nello specifico *A. ehippium*.

**Tab. 3-XXIX** – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nell'inverno 2019 determinati a livello di specie suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXVII.

A	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Substrato mobile non in letter. (Sm)	1		1		1				1	1														
Limicoli (Lim, VTC, VB, DL)	14	13	20	17	21	33	20	25	16	18	15	15	13	21	24	24	21	17	18	17	19	20	16	15
Sabulicoli (Sab, SFBC)	2	3	5	5	4	10	3	3	5	4	5	3	1	2	5	7	3	3	4	4	4	3	1	1
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	2	4	6	4	9	20	4	5	3	1	4	4		6	6	8	4	3	5	3	5	3	2	
Indicatori di Materia Organica (MO)	6	6	4	3	6	8	5	4	5	6	5	5	3	4	7	8	3	4	4	6	5	5	6	5
Minuticoli (Minut)	1				2	1	1		1				1	1		1		1	1	1	1			
Fondi mobili instabili (MI)	1	1		1				1	1	1										1				1
Substrato duro (Sd, HP, C, AP)	1	1	2	1	9	17	3	4		1				1	5	14	9	1	1	1	3	1	1	1
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1	1	2	2	6	9	3	4	2	1	2	1	4	4	6	4	1	3	1	1	1	1	1	2

B	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Substrato mobile non in letter. (Sm)	0,17		0,33		0,17				0,17	0,33														
Limicoli (Lim, VTC, VB, DL)	13,00	10,83	15,17	12,17	26,33	34,67	12,00	18,67	19,33	16,33	13,17	11,67	9,17	17,50	20,83	29,67	14,50	16,50	14,33	18,17	13,00	14,67	15,67	19,50
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,67	0,50	1,83	1,17	1,00	4,00	0,83	0,83	1,50	1,00	1,67	0,67	0,17	0,50	1,83	1,67	0,83	0,50	1,00	1,17	1,00	1,00	0,17	0,17
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF, SVMC)	0,67	0,83	1,67	1,50	2,67	9,17	0,83	1,33	0,67	0,33	1,17	1,50		1,33	1,67	2,33	0,67	0,67	1,17	0,50	1,00	0,67	0,33	
Indicatori di Materia Organica (MO)	3,17	4,17	5,50	4,00	6,67	8,33	5,67	4,50	4,00	4,50	4,17	4,17	3,67	4,50	8,17	12,67	3,17	5,17	4,67	5,00	4,83	2,50	3,67	4,83
Minuticoli (Minut)	0,17				0,67	0,17	0,33		0,17				0,17	0,17		0,17		0,33	0,17	0,17	0,17			
Fondi mobili instabili (MI)	0,33	0,33		0,17				0,17	1,33	1,00									0,50					0,17
Substrato duro (Sd, HP, C, AP)	0,17	0,17	0,50	0,17	3,33	25,83	0,83	1,83		0,33			0,17	1,67	8,17	4,17	0,33	0,17	0,17	0,83	0,17	0,17	0,17	0,17
Larga ripartizione ecologica (Lre)	0,33	1,17	0,33	0,33	5,17	62,50	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,67	0,83	1,67	4,83	1,67	0,33	1,67	0,67	0,83	1,83	0,33	0,67	0,67

### 3.7.3. DOMINANZA

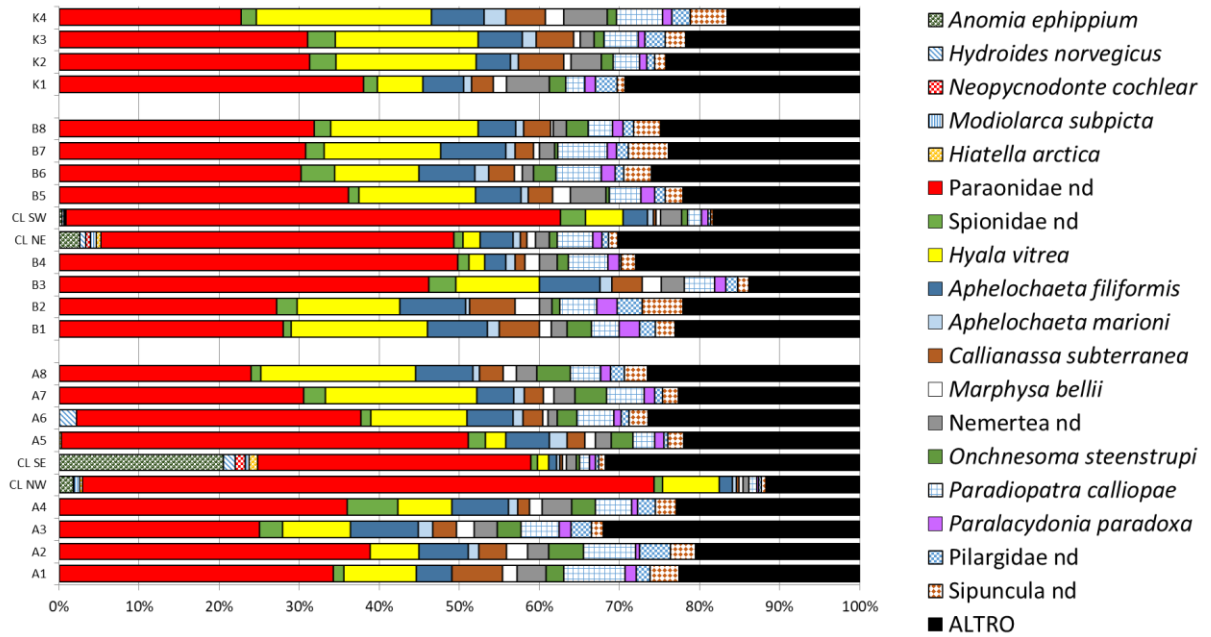
Per la rappresentazione grafica della dominanza sono stati considerati i 18 taxa che nell'inverno 2019 hanno complessivamente costituito il 77% delle comunità bentoniche, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.49).

Analogamente a tutti i survey condotti sinora (Fabi *et al.*, 2019b), i policheti della famiglia Paraonidae hanno costituito il taxon più importante ovunque, rappresentando tra il 24% (A8) e il 71% (CL NW) dei popolamenti presenti entro 250 m da Clara NW e tra il 23% (K4) e il 38% (K1) ai controlli.

Al 2° e/o 3° posto si sono collocati *H. vitrea* e *A. filiformis* eccetto in CL SE dove, dopo i

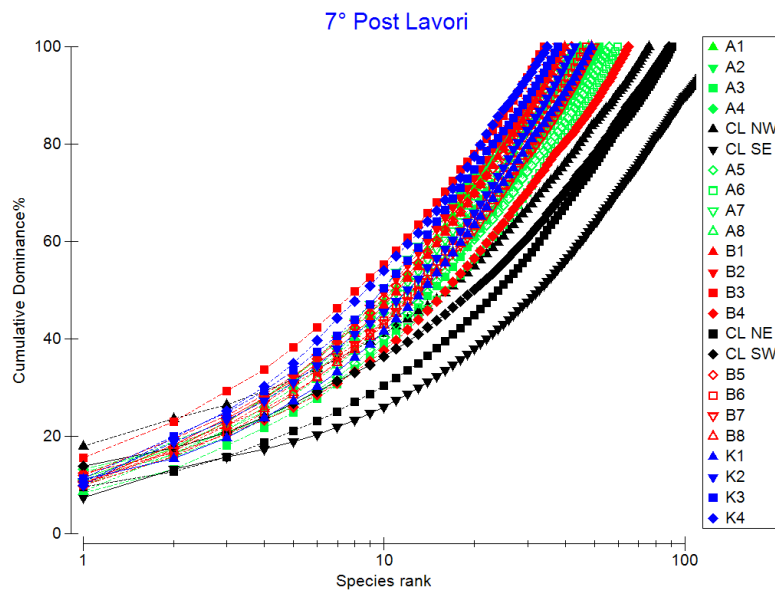
paraonidi, è risultata più importante *A. ephippium* con il 21%.

La categoria “altro” ha costituito dal 12% (CL NW) al 32% (CL SE) dei popolamenti rinvenuti lungo i transetti e nei siti CL e dal 17% (K4) al 29% (K1) ai controlli.



**Fig. 3.49** - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nel 7° survey post lavori di installazione (inverno 2019).

Le curve di dominanza cumulativa (fig. 3.50) hanno separato le stazioni CL da tutte le altre in generale a causa del maggior numero di specie rilevato in questi siti; la curva di CL NW ha seguito un andamento differente dalle altre tre trovandosi all’inizio del trend attorno al 20% della dominanza cumulativa (asse delle ordinate in fig. 3.50) per la forte dominanza dei paraonidi.



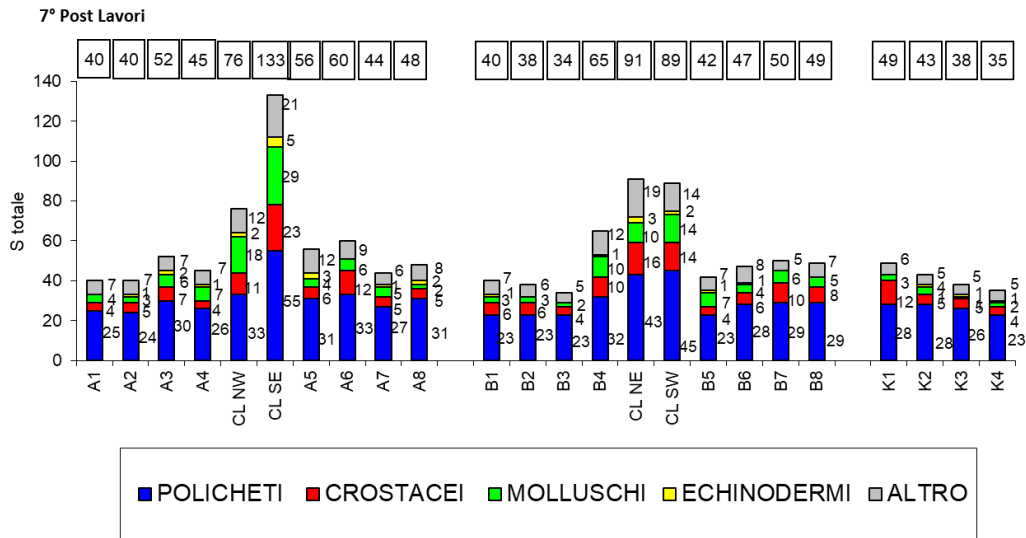
**Fig. 3.50** - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nell'inverno 2019.

#### 3.7.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nell'inverno 2019 in tutta l'area monitorata sono stati rinvenuti 201 taxa appartenenti prevalentemente ai policheti (80), ai crostacei e ai molluschi (50 e 38 rispettivamente). È stata registrata anche la presenza di 11 briozoi, 10 cnidari, 5 echinodermi, 4 sipunculidi, oltre a nemertini, pantopodi e plattelminti tutti rappresentati da un taxon (Tab. 3-XXVII). Il quantitativo di taxa raggiunto in quest'ultimo monitoraggio è il più elevato di tutti i campionamenti condotti nella fase di produzione della piattaforma (Fabi *et al.*, 2019b).

Per quanto concerne l'andamento dell'indice (fig. 3.51), lungo i transetti (eccetto B4) i valori sono variati tra 40 e 60 lungo A e tra 34 e 50 lungo B risultando quasi tutti all'interno dell'intervallo dei controlli, compreso tra 35 e 49 (K4 e K1 rispettivamente). In B4 è stata rilevata una Ricchezza specifica totale (65) intermedia tra quella dei transetti e quella dei siti CL, dove è oscillata tra 76 (CL NW) e 133 (CL SE); quest'ultimo valore è corrisposto al massimo assoluto dell'intero periodo di indagine ed è stato determinato dal maggior numero di taxa di briozoi, cnidari crostacei, echinodermi, molluschi e policheti rispetto a tutte le altre stazioni di campionamento (Tab. 3-XXVII).

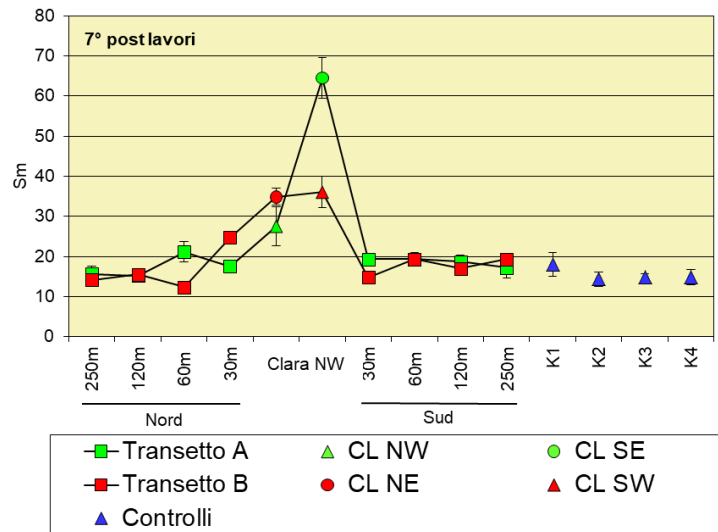
I policheti sono risultati il gruppo sistematico più numeroso anche analizzando le singole stazioni, seguiti da crostacei e/o molluschi. Gli echinodermi sono stati rinvenuti ovunque eccetto in A1 e A6, B2, B3, B7 e B8 e in K1.



**Fig. 3.51** - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'inverno 2019. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

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

Analogamente ai survey precedenti (Fabi *et al.*, 2019b), anche nel 7° post lavori  $S_m$  ha presentato lo stesso trend osservato per la Densità e la Ricchezza specifica totale (fig. 3.52). Tutti i siti dei transetti eccetto B4 sono risultati molto simili tra loro e con i controlli: infatti lungo A  $S_m$  è variata tra  $15,17 \pm 0,70$  (A2) e  $21,17 \pm 2,47$  (A3), lungo B (escludendo come già detto B4) tra  $12,33 \pm 1,48$  (B3) e  $19,33 \pm 1,69$  (B5) e nei riferimenti tra  $14,33 \pm 1,73$  (K2) e  $18,00 \pm 2,96$  (K1).



**Fig. 3.52** - Ricchezza specifica media ( $\pm$  e.s.) registrata nell'inverno 2019.

Come per S anche per la Ricchezza specifica media B4 ha presentato un valore intermedio tra quelli precedentemente descritti e quelli dei siti CL, pari a  $24,67 \pm 1,17$ , e confrontabile sia con A3, sia con CL NW ( $27,50 \pm 4,89$ ). Nelle altre stazioni CL i valori sono stati superiori oscillando tra  $34,83 \pm 2,10$  (CL NE) e  $64,50 \pm 5,10$  (CL SE).

Rispetto all'estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019b) le uniche variazioni degne di nota sono un decremento in B4 e A5 e l'aumento in K2 e, soprattutto, CL SE. Rispetto invece al pre-survey i valori sono aumentati ovunque eccetto in A3 in cui sono avvenute variazioni.

### 3.7.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Nell'inverno 2019 in generale la Diversità specifica (fig. 3.53) ha presentato un range di valori simile a quelli dei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019b). Diversamente dagli altri indici precedentemente descritti il minimo assoluto è stato rilevato in CL NW a causa dell'elevata dominanza dei policheti paraonidi che hanno rappresentato oltre il 70% del popolamento in questo sito. CL NW ( $1,36 \pm 0,14$ ) e CL SE ( $2,71 \pm 0,19$ ) rappresentano le uniche stazioni a non rientrare nel range dei controlli ( $2,12 \pm 0,17 \leq H' \leq 2,25 \pm 0,14$ ), ma per motivi opposti. Altrove i valori sono variati tra  $1,84 \pm 0,15$  (CL SW) e  $2,61 \pm 0,13$  (A3). I trend lungo i due transetti hanno presentato oscillazioni a Nord sino alla piattaforma diventando molto più simili verso Sud.

CL NW e CL SE sono gli unici siti anche a presentare le maggiori differenze rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b).

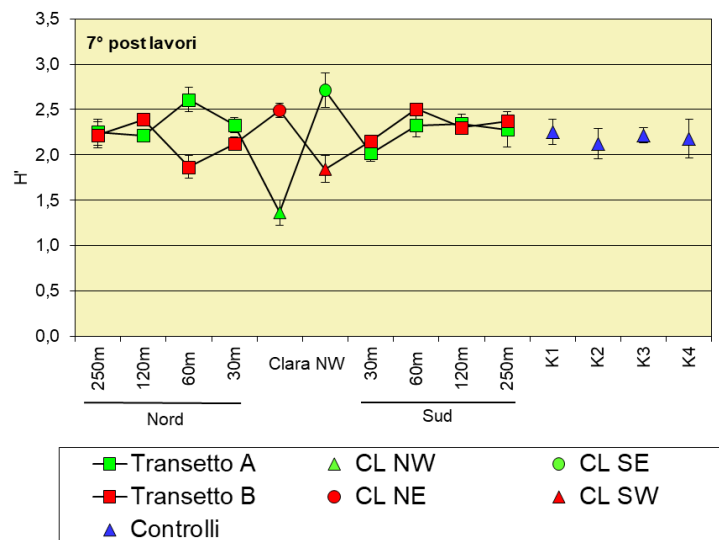
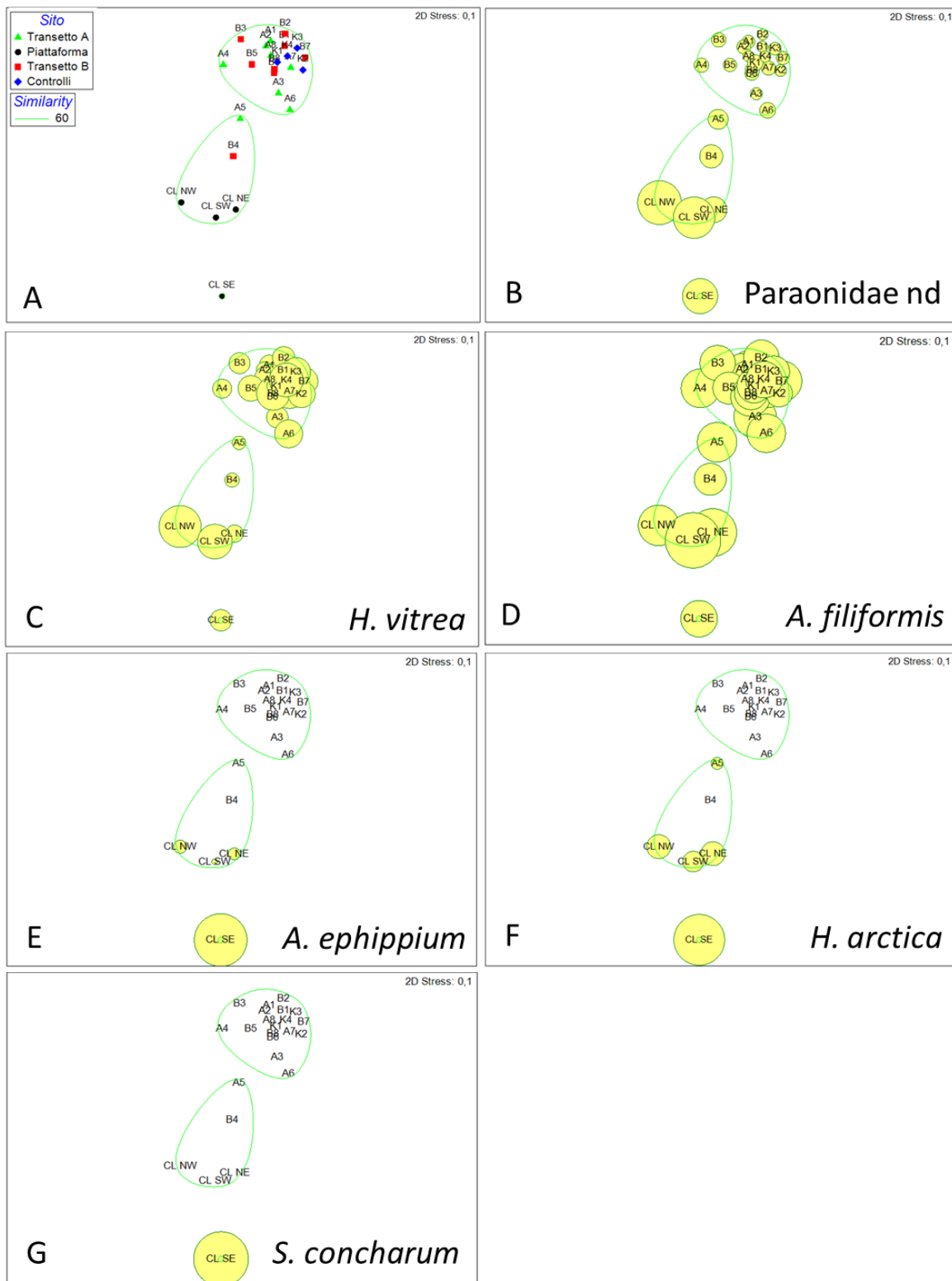


Fig. 3.53 - Diversità specifica ( $\pm$  e.s.) registrata nell'inverno 2019.

### 3.7.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

L'MDS applicato ai dati di densità delle singole specie monitorate nell'inverno 2019 ha evidenziato 3 cluster, il primo rappresentato da tutte le stazioni escluse quelle corrispondenti alla piattaforma, B4 e A5, il secondo comprendente questi due ultimi siti e tre della struttura e il terzo rappresentato solo da CL SE (fig. 3.54a). Tra i taxa principali i paraonidi e *H. vitrea* hanno maggiormente contribuito a questa ripartizione delle stazioni, i primi per un contributo gradualmente maggiore dall'alto verso il basso del plot, il gasteropode per quantitativi molto simili nel primo raggruppamento e più variabili negli altri due (figg. 3.54b e 3.54c). L'altra specie maggiormente presente praticamente ovunque, *A. filiformis*, non sembra invece determinante in questa analisi (fig. 3.54d).

I siti CL, A5 e B4 si distinguono invece per la presenza di taxa normalmente rinvenibili in ambienti caratterizzati da substrati rocciosi quali, ad esempio, *A. ephippium* e *Hiatella arctica* (figg. 3.54e e 3.54f); CL SE si distingue ulteriormente per alcuni taxa con le medesime caratteristiche ecologiche non presenti altrove, come *Serpula concharum* (fig. 3.54g).



**Fig. 3.54** – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nel 7° survey post lavori di installazione (inverno 2019) tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi gialli indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

### 3.7.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

#### 3.7.8.1 Indice W di Clarke

Nell'inverno 2019 l'indice W di Clarke ha classificato la maggior parte delle stazioni campionate lungo i transetti e 3 controlli come leggermente disturbate (Tab. 3-XXX). Sono invece risultati moderatamente disturbati i siti CL, A7, B3, B4 e K3.

Già in estate 2018 due stazioni CL erano apparse moderatamente disturbate, ma la situazione rilevata in inverno 2019 appare peggiorata come numero di siti caratterizzati da questo stato (Fabi *et al.*, 2019b). Nel pre-survey le stazioni erano tutte risultate lievemente disturbate.

**Tab. 3-XXX** – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nell'inverno 2019.

Stazione	W	Classificazione ambientale
A1	0,304	Leggermente disturbato
A2	0,320	Leggermente disturbato
A3	0,523	Leggermente disturbato
A4	0,368	Leggermente disturbato
CL NW	0,200	Moderatamente disturbato
CL SE	0,278	Moderatamente disturbato
A5	0,337	Leggermente disturbato
A6	0,392	Leggermente disturbato
A7	0,268	Moderatamente disturbato
A8	0,533	Leggermente disturbato
B1	0,401	Leggermente disturbato
B2	0,370	Leggermente disturbato
B3	0,248	Moderatamente disturbato
B4	0,290	Moderatamente disturbato
CL NE	0,298	Moderatamente disturbato
CL SW	0,232	Moderatamente disturbato
B5	0,520	Leggermente disturbato
B6	0,385	Leggermente disturbato
B7	0,375	Leggermente disturbato
B8	0,356	Leggermente disturbato
K1	0,355	Leggermente disturbato
K2	0,550	Leggermente disturbato
K3	0,278	Moderatamente disturbato
K4	0,378	Leggermente disturbato

#### 3.7.8.2 Indice AMBI

L'indice AMBI nell'inverno 2019 ha fornito risultati identici a quelli della maggior parte dei monitoraggi precedenti incluso il pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c), ovvero una situazione di disturbo leggero ovunque (Tab. 3-XXXI). I taxa tolleranti appartenenti al III gruppo ecologico hanno prevalso ovunque, presentando la maggiore percentuale in CL NW. Da rilevare l'escusiva presenza di taxa opportunisti di primo ordine rinvenibili in sedimenti poco ossigenati e ridotti (V gruppo) in CL SW, anche se rappresentanti una percentuale estremamente modesta del popolamento.



**Tab. 3-XXXI** – Suddivisione percentuale 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) dei taxa rinvenuti nell’inverno 2019 e classificazione del disturbo ambientale secondo l’indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione.

Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
A1	28,3	11,8	57,1	2,8	0	2,017	Leggermente disturbato
A2	29,3	9,0	59,9	1,8	0	2,014	Leggermente disturbato
A3	31,5	16,0	49,4	3,1	0	1,862	Leggermente disturbato
A4	29,6	10,1	58,0	2,3	0	1,996	Leggermente disturbato
CL NW	16,1	4,9	77,8	1,2	0	2,462	Leggermente disturbato
CL SE	40,7	13,3	43,5	2,3	0	1,623	Leggermente disturbato
A5	18,4	11,6	66,3	3,7	0	2,329	Leggermente disturbato
A6	32,8	11,3	52,8	3,1	0	1,894	Leggermente disturbato
A7	40,2	8,9	48,5	2,4	0	1,696	Leggermente disturbato
A8	41,7	9,1	46,1	2,6	0	1,663	Leggermente disturbato
B1	37,4	13,1	48,0	1,5	0	1,705	Leggermente disturbato
B2	32,1	13,2	51,6	2,6	1	1,895	Leggermente disturbato
B3	22,8	7,3	67,0	2,9	0	2,250	Leggermente disturbato
B4	25,2	10,7	60,5	3,5	0	2,142	Leggermente disturbato
CL NE	26,4	12,1	57,0	4,2	0	2,098	Leggermente disturbato
CL SW	15,9	8,4	73,4	2,2	0,1	2,432	Leggermente disturbato
B5	27,8	13,9	55,2	3,1	0	2,004	Leggermente disturbato
B6	31,3	12,5	52,7	3,6	0	1,927	Leggermente disturbato
B7	36,3	10,9	49,6	3,1	0	1,793	Leggermente disturbato
B8	34,7	11,3	52,2	1,7	0	1,814	Leggermente disturbato
K1	21,5	10,0	65,4	3,1	0	2,253	Leggermente disturbato
K2	30,6	12,1	55,3	1,9	0	1,930	Leggermente disturbato
K3	35,2	9,4	52,8	2,6	0	1,841	Leggermente disturbato
K4	40,6	9,4	45,7	4,3	0	1,705	Leggermente disturbato

### 3.7.8.3 Indice BENTIX

Il BENTIX ha fornito risultati più pessimistici rispetto agli altri due indici eccetto in CL SE (Tab. 3-XXXII), classificando tutte le stazioni come moderatamente disturbate eccetto CL NW risultato fortemente disturbato. Quanto osservato appare in linea con l’estate 2018 e parzialmente con i risultati del pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b).

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
A1	3,23	Moderatamente disturbato
A2	3,27	Moderatamente disturbato
A3	3,29	Moderatamente disturbato
A4	3,10	Moderatamente disturbato
CL NW	2,47	Fortemente disturbato
CL SE	3,84	Leggermente disturbato
A5	2,92	Moderatamente disturbato
A6	3,11	Moderatamente disturbato
A7	2,96	Moderatamente disturbato
A8	3,13	Moderatamente disturbato
B1	3,20	Moderatamente disturbato
B2	3,21	Moderatamente disturbato
B3	2,74	Moderatamente disturbato
B4	3,14	Moderatamente disturbato
CL NE	3,25	Moderatamente disturbato
CL SW	2,59	Moderatamente disturbato
B5	2,86	Moderatamente disturbato
B6	3,24	Moderatamente disturbato
B7	3,09	Moderatamente disturbato
B8	2,98	Moderatamente disturbato
K1	2,95	Moderatamente disturbato
K2	2,98	Moderatamente disturbato
K3	3,17	Moderatamente disturbato
K4	3,19	Moderatamente disturbato

**Tab. 3-XXXII** – Valori dell’indice BENTIX ottenuti per i siti monitorati nell’inverno 2019.

### 3.7.8.4 Stato ecologico

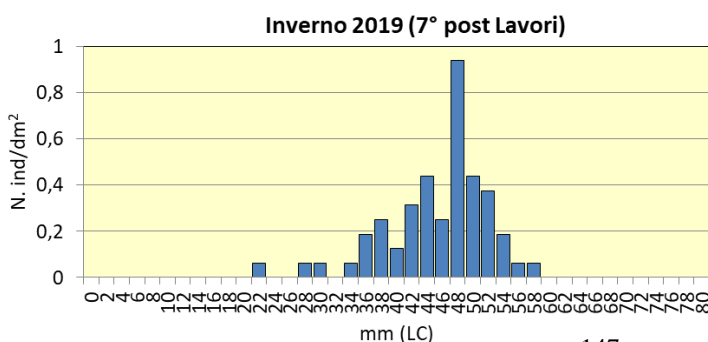
In Tab. 3-XXXIII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni campionate nell'inverno 2019 e derivato dalla combinazione dei tre indici. In quest'ultimo survey lo stato è risultato compreso tra buono e moderato lungo i transetti, tra buono/moderato e moderato sia in corrispondenza di Clara NW che dei controlli; ciò indica rispetto all'estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019b) un lieve peggioramento presso CL NW e CL SE, B3, B4 e K3, un miglioramento nei quattro siti a SW del transetto B e A8 e una situazione stabile altrove.

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

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

### 3.7.9. MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

Il campione prelevato nell'inverno 2019 dalle parti sommerse della piattaforma Clara NW era costituito da 62 esemplari, corrispondenti a 3,9 ind/dm<sup>2</sup>, e aveva un peso fresco di 500 g. Il range di taglia è risultato compreso tra 22 e 58 mm LC (taglia media ± dev.st.: 44,6±6,8 mm LC) con classe modale a 48 mm LC (fig. 3.55). Il 29% degli esemplari (18), aveva raggiunto o superato la taglia commerciale di 50 mm LC.



**Fig. 3.55** - Distribuzione di frequenza delle lunghezze degli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati dalle parti sommerse di Clara NW nell'inverno 2019.

### 3.8. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

#### 3.8.1. CAMPIONAMENTI DI PESCA

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

Nel 1° semestre 2019 sono state censite 27 specie (21 pesci, 2 molluschi e 4 crostacei). Di queste, 22 sono state catturate attorno a Clara NW (17 pesci, 1 mollusco e 4 crostacei; Tab. 3-XXXIV). In ciascun controllo sono state censite 9 specie: 7 pesci, 1 mollusco e 1 crostaceo in C1 e 8 pesci e 1 crostaceo in C2 (Tabb. 3-XXXV e 3-XXXVI).

Oltre al mollusco *Eledone cirrhosa*, esclusivamente presso la piattaforma sono stati catturati i crostacei *Squilla mantis*, *Parapenaeus longirostris* e *Maja squinado* e 10 specie ittiche (*Alosa fallax fallax*, *Boops boops*, *Pagellus bogaraveo*, *Scorpaena scrofa*, *Scyliorhinus canicula*, *Torpedo marmorata*, *Trachurus picturatus*, *Trachurus trachurus*, *Trisopterus minutus capelanus* e *Uranoscopus scaber*).

**Tab. 3-XXXIV** - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso la **piattaforma Clara NW** condotti nel 1° semestre 2019.

	Gennaio		Febbraio		Aprile		Maggio		Giugno			
	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)		
Crostacei												
<i>Maja squinado</i>	B	NA							1,26	0,67		
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA	2,77	0,13	1,66	0,35	2,59	0,16	1,05	0,09		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA					2,59	0,02				
<i>Squilla mantis</i>	B	NA	1,39	0,08					1,26	0,07		
<b>Crostacei Totale</b>			<b>4,16</b>	<b>0,22</b>	<b>1,66</b>	<b>0,35</b>	<b>5,19</b>	<b>0,19</b>	<b>1,05</b>	<b>0,09</b>		
Molluschi												
<i>Eledone cirrhosa</i>	B	PA					7,78	4,37				
<b>Molluschi Totale</b>							<b>7,78</b>	<b>4,37</b>				
Pesci												
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT			4,99	0,25	3,89	0,14		7,58	0,33	
<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT			1,66	0,32	1,30	0,17		1,26	0,27	
<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT			1,66	0,13	2,59	0,44				
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA			1,66	0,33						
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA	1,39	0,17								
<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA							1,26	0,18		
<i>Solea solea</i>	B	NA						1,05	0,20			
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA	1,39	0,64								
<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA			1,66	0,16						
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	2,77	1,25	1,66	0,73	7,78	3,66	2,10	0,85	3,79	1,63
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA					5,19	0,20	2,10	0,08		
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA					1,30	0,04			1,26	0,04
<i>Alosa fallax fallax</i>	P	NA					1,30	0,66				
<i>Boops boops</i>	P	PA	5,55	0,49	13,32	1,31	7,78	0,64	7,34	0,71	30,32	2,65
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA	8,32	2,41			2,59	0,53	4,19	1,25	1,26	0,30
<i>Trachurus picturatus</i>	P	PA							6,29	1,24		
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA					1,30	0,06				
<b>Pesci Totale</b>			<b>19,42</b>	<b>4,96</b>	<b>26,64</b>	<b>3,23</b>	<b>35,03</b>	<b>6,56</b>	<b>23,06</b>	<b>4,33</b>	<b>46,74</b>	<b>5,39</b>

**Tab. 3-XXXV** - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso il **controllo C1** condotti nel 1° semestre 2019.

	Gennaio		Febbraio		Aprile		Maggio		Giugno	
	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)
Crostacei										
<i>Nephrops norvegicus</i> B NA	2,53	0,20	1,26	0,19						
<b>Crostacei Totale</b>	<b>2,53</b>	<b>0,20</b>	<b>1,26</b>	<b>0,19</b>						
Molluschi										
<i>Octopus vulgaris</i> B AT			1,26	0,76						
<b>Molluschi Totale</b>			<b>1,26</b>	<b>0,76</b>						
Pesci										
<i>Scorpaena notata</i> B AT	2,53	0,13							1,26	0,06
<i>Scorpaena porcus</i> B AT							0,98	0,16		
<i>Chelidonichthys lucerna</i> B NA									1,26	0,36
<i>Citharus linguatula</i> B NA			1,26	0,03						
<i>Mullus barbatus</i> B NA	1,26	0,05								
<i>Raja asterias</i> B NA	2,53	1,92			2,36	1,87	0,98	1,11		
<i>Merluccius merluccius</i> NB NA			1,26	0,66						
<b>Pesci Totale</b>	<b>6,32</b>	<b>2,10</b>	<b>2,53</b>	<b>0,70</b>	<b>2,36</b>	<b>1,87</b>	<b>1,95</b>	<b>1,27</b>	<b>2,53</b>	<b>0,41</b>
<b>Totale complessivo</b>	<b>8,84</b>	<b>2,30</b>	<b>5,05</b>	<b>1,64</b>	<b>2,36</b>	<b>1,87</b>	<b>1,95</b>	<b>1,27</b>	<b>2,53</b>	<b>0,41</b>

**Tab. 3-XXXVI** - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso il **controllo C2** condotti nel 1° semestre 2019.

	Gennaio		Febbraio		Aprile		Maggio		Giugno	
	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)
Crostacei										
<i>Nephrops norvegicus</i> B NA	2,76	0,16	1,38	0,30	2,37	0,19	0,98	0,03	1,26	0,13
<b>Crostacei Totale</b>	<b>2,76</b>	<b>0,16</b>	<b>1,38</b>	<b>0,30</b>	<b>2,37</b>	<b>0,19</b>	<b>0,98</b>	<b>0,03</b>	<b>1,26</b>	<b>0,13</b>
Pesci										
<i>Chelidonichthys lucerna</i> B NA	1,38	0,27			1,19	0,27	0,98	0,20		
<i>Lophius budegassa</i> B NA	1,38	0,17	1,38	0,51						
<i>Mullus barbatus</i> B NA	1,38	0,10								
<i>Psetta maxima</i> B NA	1,38	3,24								
<i>Raja asterias</i> B NA			1,38	1,50	2,37	2,49	2,93	2,40		
<i>Solea solea</i> B NA	1,38	0,25					0,98	0,20	1,26	0,21
<i>Merluccius merluccius</i> NB NA	1,38	0,58	1,38	0,32					2,51	1,14
<i>Scomber japonicus</i> P PA	1,38	0,40			1,19	0,30				
<b>Pesci Totale</b>	<b>9,66</b>	<b>5,01</b>	<b>4,14</b>	<b>2,32</b>	<b>4,74</b>	<b>3,06</b>	<b>4,88</b>	<b>2,80</b>	<b>3,77</b>	<b>1,35</b>

Il mollusco *Octopus vulgaris* e la specie ittica *Citharus linguatula* sono state catturate esclusivamente in C1, mentre *Psetta maxima* è stata censita solo in C2.

La Ricchezza specifica media relativa al semestre è risultata significativamente maggiore in piattaforma rispetto ad entrambi i controlli (Tabb. 3-XXXVII e 3-XXXVIII).

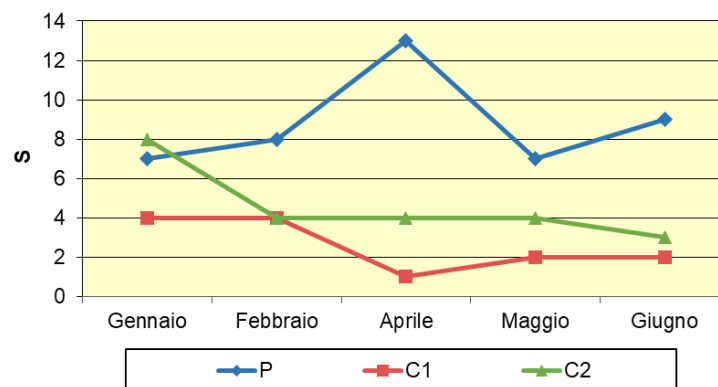
**Tab. 3-XXXVII** Valori medi ( $\pm$  e.s.) ottenuti per i vari indici nel periodo gennaio – giugno 2019 presso la piattaforma Clara NW e le due aree di controllo. N = n. ind/500m/12h; P = kg/500m/12h.

	Clara NW	C1	C2
<b>Sm</b>	8,80 $\pm$ 1,11	2,60 $\pm$ 0,60	4,60 $\pm$ 0,87
<b>H'</b>	0,76 $\pm$ 0,07	0,36 $\pm$ 0,11	0,61 $\pm$ 0,07
<b>N</b>	34,65 $\pm$ 5,77	4,15 $\pm$ 1,29	7,19 $\pm$ 1,35
<b>P</b>	6,09 $\pm$ 1,33	1,50 $\pm$ 0,32	3,07 $\pm$ 0,60

**Tab. 3-XXXVIII** – Risultati del t-test applicato ai valori di Ricchezza specifica media (Sm), diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P). \* = differenza significativa; \*\* = differenza altamente significativa.

<b>Sm</b>	Clara NW	C2
C1	0,002*	0,073
C2	0,019*	
<b>H'</b>	Clara NW	C2
C1	0,021*	0,099
C2	0,197	
<b>N</b>	Clara NW	C2
C1	0,005*	0,143
C2	<0,001**	
<b>P</b>	Clara NW	C2
C1	0,041*	0,059
C2	0,087	

Analizzando i dati mensili, la Ricchezza specifica riscontrata presso il sito di estrazione ha avuto un andamento crescente da gennaio ad aprile, presentando poi una decrescita a maggio seguita di un nuovo incremento a giugno (fig. 3.56). Ai controlli l'indice è sempre stato inferiore rispetto a Clara NW eccetto a gennaio presso C2. Inoltre, i valori relativi a C1 sono risultati inferiori a quelli di C2 tranne a febbraio.

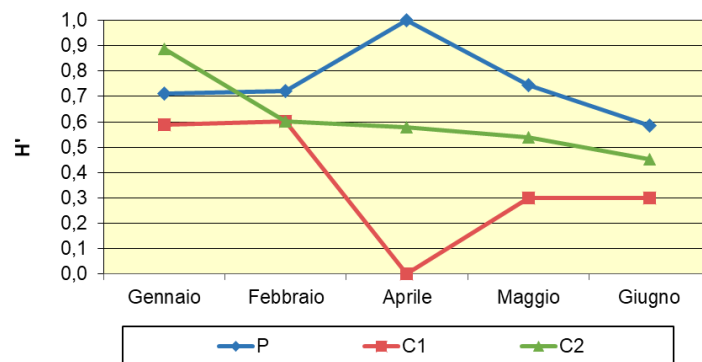


**Fig. 3.56** - Ricchezza specifica ( $S_{tot}$ ) ottenuta per la piattaforma Clara NW e per i due siti di controllo nel 1° semestre 2019.

Per quanto concerne la Diversità specifica, mediamente è stata riscontrata una differenza altamente significativa tra piattaforma e C1, con un valore superiore nel primo sito (Tabb.

3-XXXVII e 3-XXXVIII).

Gli andamenti mensili relativi alle tre aree sono risultati simili a quelli di S, con il massimo assoluto registrato presso la piattaforma nel mese di aprile (1,00; fig. 3.57). Il minimo nelle vicinanze di Clara NW è stato registrato in giugno (0,60). Solo a gennaio è stato registrato un valore inferiore a quello di un controllo, precisamente C2. Riguardo ai riferimenti i valori sono stati sempre superiori in C2 eccetto a febbraio. Il valore nullo registrato in C1 ad aprile è stato determinato dalla presenza nelle catture di una sola specie (*R. asterias*; Tab. 3-XXXV).



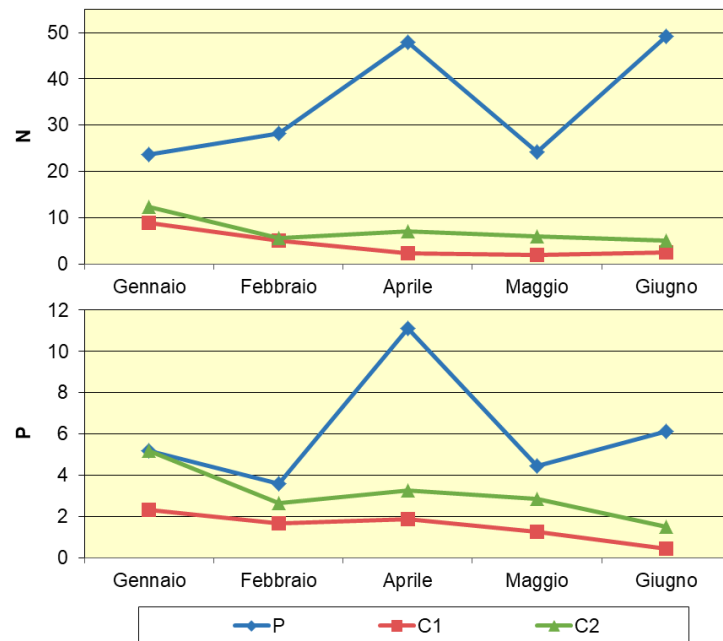
**Fig. 3.57** - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma Clara NW e per i due siti di controllo nel 1° semestre 2019.

### 3.8.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture

I rendimenti di pesca medi calcolati sull'intero semestre sono risultati significativamente più alti presso il sito di estrazione rispetto ad entrambe le aree di controllo sia in numero che in peso (Tabb. 3-XXXVII e 3-XXXVIII).

In piattaforma i due trend sono apparsi molto simili tra loro eccetto tra gennaio e febbraio (fig. 3.58), quando quello in numero è risultato crescente e quello in peso decrescente. Il valore minimo in termini numerici è stato raggiunto a gennaio (23,58 ind/500m/12h) e il massimo a giugno (49,29 ind/500m/12h). In termini ponderali, invece, minimo e massimo sono stati registrati rispettivamente a febbraio e aprile (3,58 kg/500m/12h e 11,12 kg/500m/12h).

Gli andamenti ai controlli sono apparsi simili tra loro sia in numero che in peso e abbastanza lineari; anche i valori sono risultati molto simili, eccetto in peso in gennaio quando C2 ha presentato una biomassa maggiore a quella di C1 e identica a quella della piattaforma (5,17 kg/500m/12h).

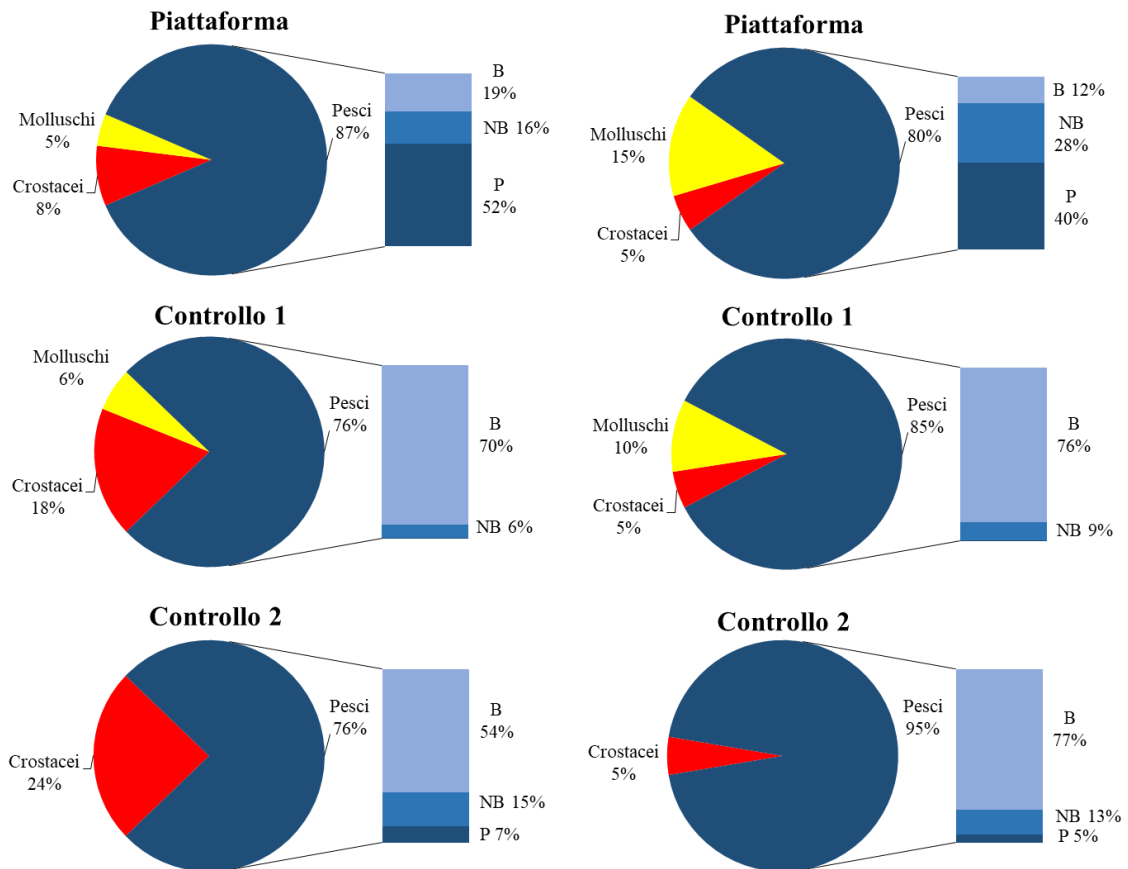


**Fig. 3.58** - Rendimenti di pesca in termini numerici (N; n. ind/500m/12h) e ponderali (kg/500m/12h) registrati presso Clara NW e nelle zone di controllo nel 1° semestre 2019.

I pesci hanno costituito la frazione dominante delle catture sia in termini numerici che ponderali (fig. 3.59).

**Pesci bentonici** – In totale sono state censite 13 specie ittiche appartenenti a questo gruppo di cui 9 nel sito di estrazione, 6 in C1 e 6 in C2 (Tabb. 3-XXXIV - 3-XXXVI). Presso Clara NW i pesci bentonici sono risultati, rispetto agli altri gruppi, i secondi per importanza in termini numerici (19%) e i meno rilevanti in peso (12%), ma è interessante la presenza delle specie AT *Scorpaena notata*, *Scorpaena porcus* e *S. scrofa*, quest'ultima rilevata esclusivamente nel sito di estrazione. In entrambi controlli i bentonici hanno rappresentato il primo gruppo sia in numero (C1: 70%; C2:54%) che in peso (C1: 76%; C2: 77%) quasi totalmente per le catture di *R. asterias*, specie esclusiva di queste aree di campionamento.

**Pesci necto-bentonici** – Complessivamente sono state catturate 3 specie ittiche, tutte rinvenute presso la piattaforma e una in entrambi i controlli (3-XXXIV - 3-XXXVI). In corrispondenza della struttura i necto-bentonici sono risultati i meno importanti tra i pesci in numero (16%), mentre si sono collocati al 2° posto in peso (28%) quasi esclusivamente per il contributo nelle catture di *Merluccius merluccius*, unica specie rilevata anche ai controlli. In queste due aree questo gruppo si è collocato al 2° posto sia in termini numerici (C1: 6%; C2:15%) che ponderali (C1: 9%; C2:13%).



**Fig. 3.59** - Composizione percentuale delle catture in numero (sinistra) e in peso (destra) effettuate nel 1° semestre 2019 presso Clara NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

**Pesci pelagici** – Sono state censite in totale 5 specie, tutte catturate in piattaforma e una sola in C2; nessun pelagico è stato rinvenuto presso C1 (Tabb. 3-XXXIV – 3-XXXVI).

La frazione dei pesci pelagici ha rappresentato il gruppo più importante in piattaforma sia in numero (52%) che in peso (40%), grazie alle abbondanti e pressoché costanti catture di *B. boops*, una specie parzialmente attratta dai substrati rocciosi. L'unico rappresentante dei pelagici in C2 (*Scomber japonicus*) ha contribuito alle catture totali in quel sito con il 7% in numero e con il 5% in peso.

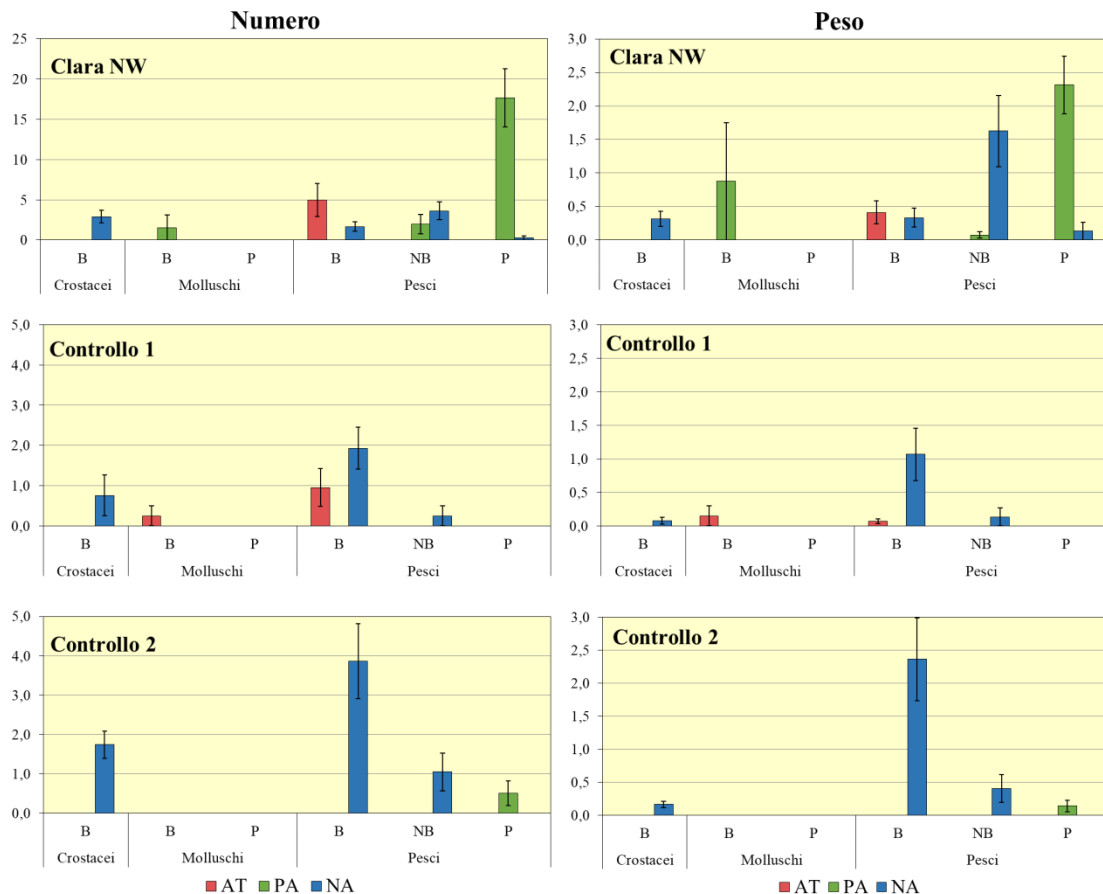
**Crostacei** – Complessivamente sono state catturate 4 specie, tutte nei pressi della piattaforma e una (*Nephrops norvegicus*) in entrambi i controlli (Tabb. 3-XXXIV – 3-XXXVI). In termini ponderali i crostacei hanno rappresentato la frazione meno importante, costituendo il 5% del peso per tutti i tre siti. Numericamente, invece, sono stati una porzione delle catture piuttosto rilevante nei due controlli (C1: 18%; C2: 24%) e una meno incisiva, comunque degna di nota, presso la piattaforma (8%).



**Molluschi** – E' stato censito un solo mollusco in piattaforma (*Eledone cirrhosa*) e uno in C1 (*Octopus vulgaris*; Tabb. 3-XXXIV – 3-XXXVI). Trattandosi di organismi di dimensioni discrete, in entrambe le aree i molluschi sono apparsi più incisivi in peso.

### 3.8.13 Affinità delle specie catturate con i substrati duri

L'analisi della composizione delle catture effettuate presso Clara NW secondo il grado di affinità delle specie con i substrati duri (fig. 3.60) ha evidenziato una netta prevalenza in numero di specie ittiche pelagiche PA rappresentate principalmente da *B. boops* e *S. japonicus* che tendono a formare grossi banchi. Tutti gli altri gruppi sono apparsi meno importanti e quasi tutti comparabili tra loro. Comunque, tra questi il valore maggiore è stato ottenuto per le specie ittiche bentoniche AT, tutte appartenenti alla famiglia degli scorpenidi (*S. notata*, *S. scrofa* e *S. porcus*).



**Fig. 3.60** - Numero (n. ind./500m/12h) e peso (kg/500m/12h) medi ( $\pm$  e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) relative alle catture effettuate nel 1° semestre 2019 nei tre siti. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

In piattaforma i pelagici PA sono risultati molto importanti anche in peso, ma in questo

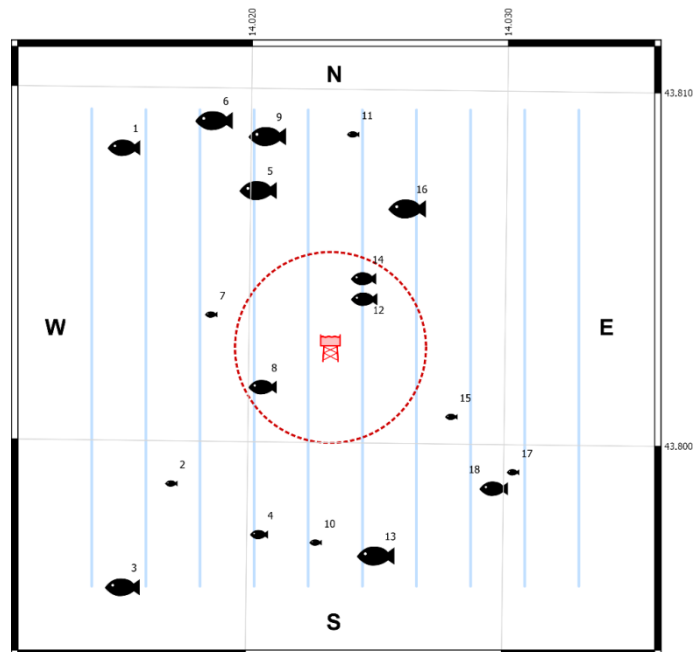
caso sono apparsi comparabili con i necto-bentonici NA, rappresentati da *M. merluccius*, e con il mollusco cefalopode PA *E. cirrhosa*, quest'ultimo simile anche ai gruppi di minore importanza per l'elevata variabilità che ha caratterizzato le sue catture.

In C1 a livello numerico è risultato preponderante il gruppo dei pesci bentonici NA (grazie alle catture di *R. asterias*), confrontabile esclusivamente con i pesci bentonici AT, rilevati in quantitativi decisamente inferiori rispetto alla piattaforma (C1:  $0,95 \pm 0,47$  ind/500m/12h; Clara NW:  $4,99 \pm 2,04$  ind/500m/12h), a loro volta simili ai crostacei NA. In termini ponderali, invece, i pesci bentonici NA hanno presentato catture non confrontabili con quelle degli altri gruppi.

Anche in C2 hanno prevalso i pesci bentonici NA sia dal punto di vista numerico che ponderale grazie alle catture di *R. asterias* e *Psetta maxima*. Anche se in quantità minore, in numero hanno rivestito una certa importanza anche i crostacei e i pesci necto-bentonici NA, seguiti dai pesci pelagici PA.

### 3.8.2. INVESTIGAZIONI ACUSTICHE

Nel **gennaio** 2019 sono stati rilevati 18 banchi di pesce, di cui 3 distanti meno di 300 m da Clara NW (fig. 3.61; Tab. 3-XXXIX).



**Fig. 3.61** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **gennaio** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Quello posto a minor distanza dalla piattaforma era il n. 12 (190,948 m); l'aggregazione rilevata a distanza maggiore era invece la n. 3 (993,060 m). Il banco n. 5 ha presentato le dimensioni maggiori in termini di superficie (2407,218 m<sup>2</sup>), volume (949,047 m<sup>3</sup>) e lunghezza EW (35,209 m; Tab. 3-XL). L'aggregazione con maggior lunghezza in direzione NS è invece risultata la n. 13 (43,074 m). I banchi sono stati rilevati tra 63,273 m (n. 14) e 73,383 m di profondità (n. 6). Al netto di alcuni *outliers*, la caratteristiche metriche dei banchi ricadenti nell'area di 300 m attorno alla piattaforma e quelle dei banchi più lontani sono risultate assolutamente comparabili.

**Tab. 3-XXXIX** - Distanza (m) da Clara NW dei banchi di pesce individuati nel **gennaio** 2019. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Clara NW (m)	Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	917,365	10	604,830
2	658,009	11	683,694
3	993,060	12	190,948
4	621,816	13	656,295
5	558,165	14	247,598
6	816,539	15	424,493
7	400,564	16	506,208
8	247,741	17	680,892
9	707,034	18	664,316

**Tab. 3-XL** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **gennaio** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde i banchi rilevati entro 300 m di distanza da Clara NW.

Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	308,232	10,165	15,605	70,876	73,903	3,027	130,124	43,808388	14,014936	72,314	2,369	0	0,000
2	168,701	9,215	8,548	68,441	71,499	3,058	44,364	43,798889	14,016921	70,155	3,803	0	0,000
3	344,605	11,050	12,848	69,211	74,074	4,863	139,327	43,795955	14,015080	72,168	2,414	0	0,000
4	214,677	10,995	9,506	71,150	74,445	3,295	72,384	43,797479	14,020378	72,772	2,966	0	0,000
5	2407,218	36,799	35,209	59,637	70,801	11,164	949,047	43,807227	14,020205	66,986	2,452	1	0,484
6	1192,369	32,008	20,478	71,205	74,876	3,671	509,213	43,809190	14,018449	73,383	2,321	1	0,224
7	63,032	4,973	6,294	70,486	72,774	2,288	18,993	43,803683	14,018403	71,566	3,319	0	0,000
8	460,531	6,130	12,471	63,990	69,746	5,756	113,954	43,801660	14,020460	66,363	3,403	0	0,000
9	389,011	8,349	20,880	68,685	72,911	4,226	150,963	43,808758	14,020534	71,098	2,485	0	0,000
10	74,177	4,082	7,354	71,971	74,381	2,410	23,625	43,797266	14,022585	73,197	3,140	0	0,000
11	75,361	4,033	7,138	68,490	71,336	2,846	26,579	43,808826	14,023863	69,867	2,835	0	0,000
12	207,407	7,235	8,819	69,117	73,360	4,243	105,560	43,804178	14,024381	71,146	1,965	0	0,000
13	1925,703	43,074	15,934	64,710	74,598	9,888	827,147	43,796926	14,024959	71,103	2,328	0	0,000
14	290,556	8,196	12,576	60,547	65,339	4,792	102,080	43,804756	14,024349	63,273	2,846	0	0,000
15	93,244	8,171	7,087	71,248	73,756	2,508	25,910	43,800868	14,027824	72,448	3,599	0	0,000
16	921,495	20,849	21,423	69,438	74,206	4,768	383,805	43,806758	14,026027	71,986	2,401	0	0,000
17	150,097	4,242	9,782	63,743	68,738	4,995	47,328	43,799320	14,030254	66,340	3,171	0	0,000
18	350,802	9,192	14,099	62,863	69,863	7,000	114,039	43,798862	14,029528	66,383	3,076	0	0,000

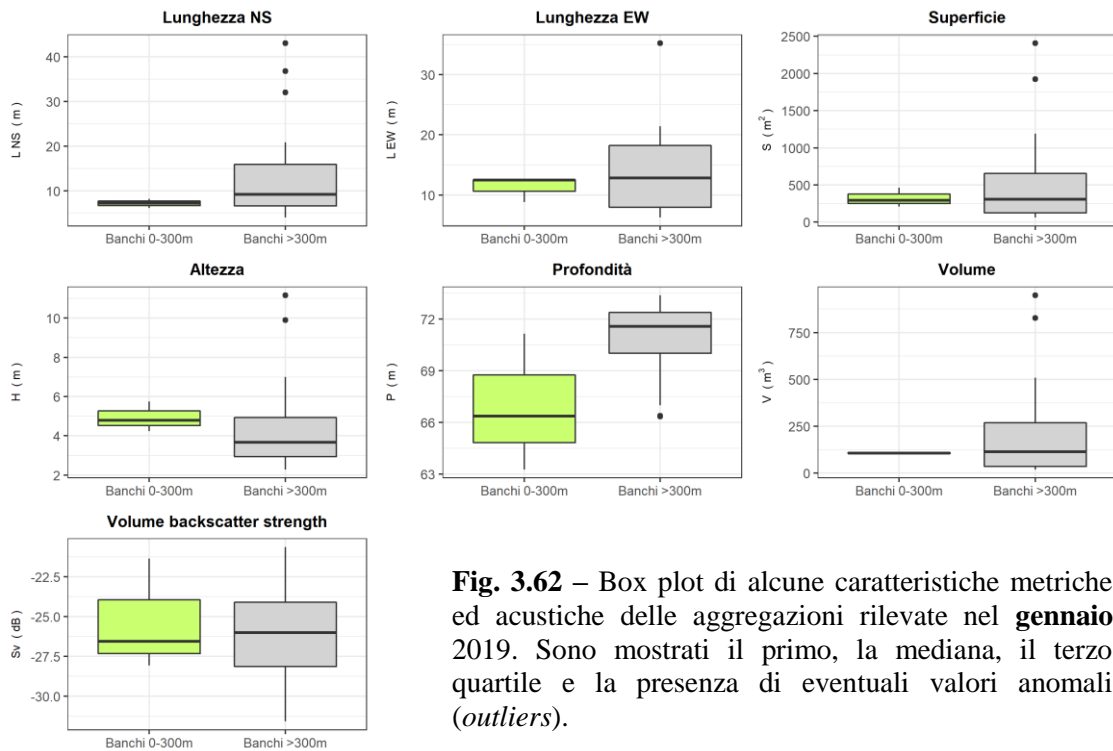
Solo per quanto riguarda la profondità alla quale sono state sondate le aggregazioni si può notare come, mediamente, quelle all'interno del raggio di 300 m erano più superficiali di

quelle poste a distanze maggiori (fig. 3.62). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-XLI.

**Tab. 3-XLI** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **gennaio** 2019. In verde i banchi entro 300 m da Clara NW.

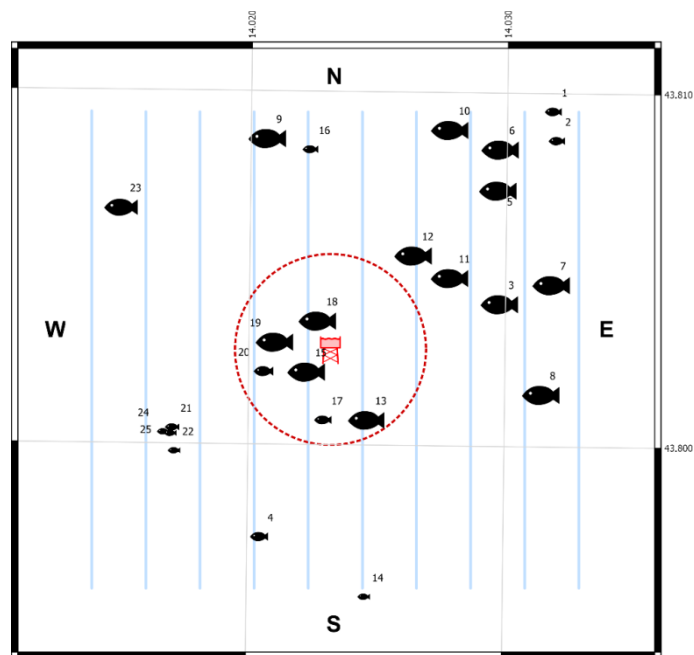
Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-24,330	517	9	217	-34,725	-15,112	36,897
2	-31,577	181	9	113	-34,995	-25,534	6,955
3	-23,455	563	11	199	-34,995	-11,112	45,138
4	-26,816	265	10	148	-34,762	-17,725	20,818
5	-25,428	3710	36	1163	-34,996	-11,995	28,652
6	-20,648	2094	33	914	-34,725	-7,687	86,146
7	-21,951	77	5	49	-34,687	-12,687	63,808
8	-26,547	214	6	111	-34,794	-17,211	22,145
9	-25,735	550	8	221	-34,995	-16,495	26,702
10	-30,321	93	4	48	-34,725	-25,187	9,289
11	-27,767	104	4	43	-34,612	-22,150	16,722
12	-21,358	412	7	127	-34,687	-12,112	73,144
13	-27,091	2644	41	677	-34,976	-16,349	19,537
14	-28,076	428	7	146	-34,996	-20,583	15,572
15	-31,548	89	7	52	-34,687	-26,150	7,002
16	-23,854	1600	20	639	-34,995	-11,112	41,169
17	-25,997	182	4	65	-34,995	-16,650	25,138
18	-28,503	405	8	142	-34,995	-20,112	14,115

\*Sv = Volume backscattering strength



**Fig. 3.62** – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel **gennaio** 2019. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

Nel mese di **febbraio** sono state rilevate 25 aggregazioni di pesce, di cui 6 entro i 300 m da Clara NW (banchi n. 13, 15, 17, 18, 19 e 20; fig. 3.63). Il banco n. 15 era quello posto a distanza minore dalla piattaforma (101,675 m), mentre quello più lontano (n. 1) si trovava a 1026,193 m (Tab. 3-XLII). Le caratteristiche metriche maggiori sono state registrate per il banco n. 3 (superficie: 3749,481 m<sup>2</sup>; volume: 1923,099 m<sup>3</sup>; lunghezza EW: 41,946 m; lunghezza NS: di 42,226 m; Tab. 3-XLIII). Quello posto a maggiore profondità (n. 25; 73,784 m) è stato rilevato al di fuori dell'area di 300 m da Clara NW, mentre il n. 5 era il più superficiale (61,904 m). In fig. 3.64 si può notare come, tranne che per la profondità, risultata leggermente inferiore per i banchi più vicini alla piattaforma, le caratteristiche metriche dei banchi posti a meno e più di 300 m dalla struttura erano assolutamente comparabili. Le caratteristiche acustiche dei banchi sono descritte in Tab. 3-XLIV.



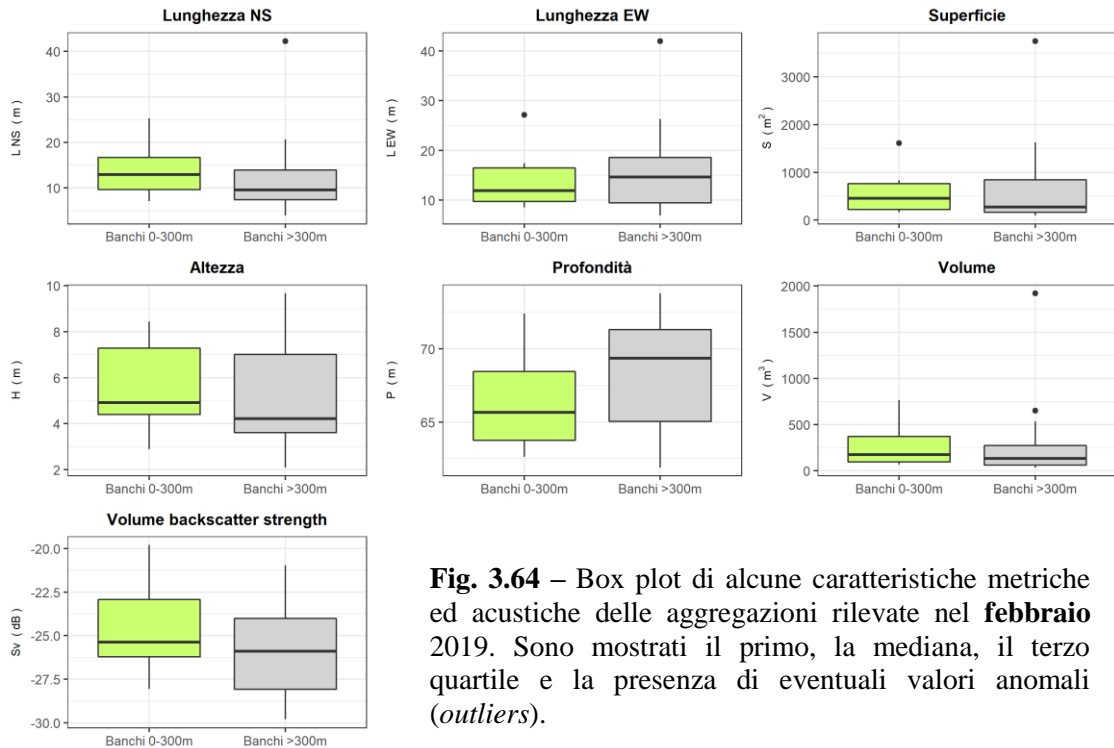
**Fig. 3.63** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate nel **febbraio** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

**Tab. 3-XLII** - Distanza (m) da Clara NW dei banchi di pesce individuati nel **febbraio** 2019. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Clara NW (m)	Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	1026,193	14	772,135
2	968,363	15	101,675
3	545,783	16	644,914
4	621,816	17	212,361
5	728,329	18	113,240
6	828,529	19	186,698
7	719,009	20	225,967
8	666,811	21	557,270
9	707,034	22	586,774
10	792,284	23	809,177
11	436,677	24	588,788
12	397,546	25	570,888
13	234,644		

**Tab. 3-XLIII** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **febbraio** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	233,358	6,147	16,789	68,945	72,884	3,939	67,831	43,809589	14,031671	70,903	3,154	0	0,000
2	216,589	9,581	16,049	66,365	70,426	4,061	65,868	43,808764	14,031822	68,405	3,288	0	0,000
3	3749,481	42,226	41,946	62,691	69,116	6,425	1923,099	43,804133	14,029673	66,309	1,950	10	3,333
4	214,677	10,995	9,506	71,150	74,445	3,295	72,384	43,797479	14,020378	72,772	2,966	0	0,000
5	733,546	13,559	14,866	58,273	64,875	6,602	233,376	43,807346	14,029563	61,904	3,143	0	0,000
6	460,566	11,969	13,111	60,018	67,662	7,644	257,407	43,808508	14,029633	64,256	1,789	0	0,000
7	1522,057	14,820	23,500	60,670	69,116	8,446	650,896	43,804689	14,031688	65,375	2,184	0	0,000
8	957,329	20,708	15,192	63,591	71,020	7,429	284,650	43,801581	14,031332	66,772	3,159	1	0,281
9	389,011	8,349	20,880	68,685	72,911	4,226	150,963	43,808758	14,020534	71,098	2,485	0	0,000
10	1626,608	16,166	26,323	58,644	66,966	8,322	534,926	43,809047	14,027655	63,298	3,041	0	0,000
11	1338,949	12,484	20,345	58,250	67,926	9,676	344,350	43,804857	14,027718	63,196	3,674	0	0,000
12	500,419	14,298	14,632	62,239	67,354	5,115	209,323	43,805482	14,026282	64,716	2,391	0	0,000
13	374,486	9,951	13,514	64,684	69,610	4,926	146,076	43,800816	14,024528	67,403	2,416	0	0,000
14	104,275	3,989	10,947	72,235	74,875	2,641	35,289	43,795806	14,024482	73,762	2,955	0	0,000
15	1614,982	25,286	27,130	64,305	72,754	8,449	763,249	43,802162	14,022159	68,804	2,006	3	1,291
16	151,345	5,387	7,064	69,515	73,624	4,109	62,320	43,808452	14,022200	71,417	2,278	0	0,000
17	175,801	9,555	8,558	70,977	73,879	2,902	69,196	43,800800	14,022815	72,402	2,541	0	0,000
18	535,457	16,008	10,296	60,403	65,317	4,914	199,577	43,803608	14,022572	62,621	2,615	0	0,000
19	840,209	16,981	17,482	59,138	67,219	8,081	425,699	43,802999	14,020908	63,680	1,974	0	0,000
20	165,352	7,156	9,534	61,950	66,174	4,224	78,417	43,802162	14,020478	63,915	2,109	0	0,000
21	175,659	8,117	9,266	69,670	72,558	2,888	57,582	43,800549	14,016928	71,198	3,051	0	0,000
22	143,601	7,597	9,434	67,291	70,945	3,654	35,610	43,799887	14,017011	69,346	3,963	0	0,000
23	273,479	8,505	9,979	69,697	74,236	4,539	133,680	43,806763	14,014851	72,448	2,046	0	0,000
24	98,764	5,056	6,925	69,404	72,976	3,572	40,299	43,800420	14,016579	71,160	2,451	0	0,000
25	116,854	7,197	7,018	72,776	74,876	2,100	35,449	43,800378	14,016855	73,784	3,296	0	0,000



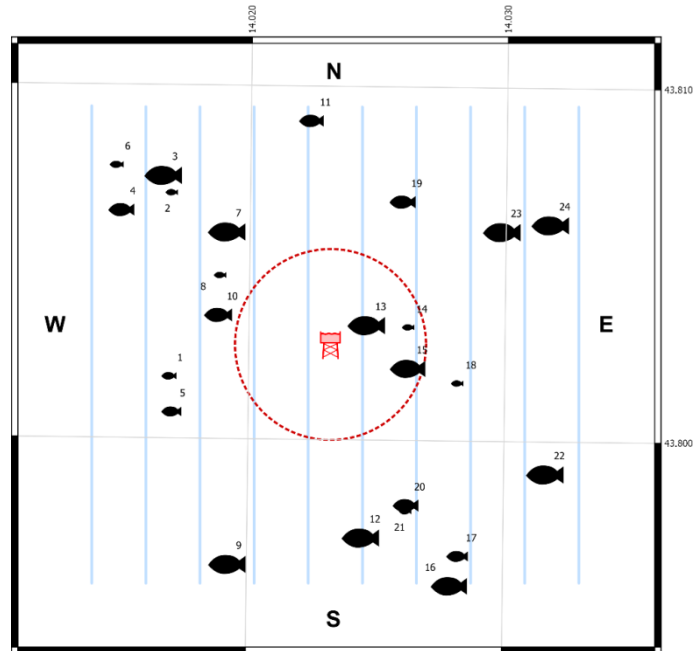
**Fig. 3.64** – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel **febbraio** 2019. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

**Tab. 3-XLIV** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **febbraio** 2019. In verde i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-22,660	228	5	106	-34,995	-10,995	54,202
2	-27,701	272	9	128	-34,995	-20,073	16,980
3	-24,301	7582	39	2328	-34,995	-11,253	37,149
4	-26,816	265	10	148	-34,762	-17,725	20,818
5	-29,543	945	12	294	-34,996	-19,952	11,111
6	-22,058	1045	10	222	-34,996	-11,626	62,262
7	-25,888	2691	14	636	-34,996	-15,126	25,774
8	-28,342	803	21	329	-34,995	-20,187	14,650
9	-25,735	550	8	221	-34,995	-16,495	26,702
10	-28,225	2371	15	672	-34,996	-18,040	15,048
11	-29,806	786	12	273	-34,995	-19,294	10,457
12	-25,623	845	13	284	-34,956	-13,753	27,400
13	-26,237	562	10	188	-34,995	-16,416	23,785
14	-23,217	141	4	65	-34,725	-15,187	47,672
15	-22,364	2947	24	872	-34,995	-9,835	58,025
16	-20,956	230	5	67	-34,995	-10,573	80,235
17	-24,611	238	8	114	-34,725	-15,225	34,584
18	-26,121	597	16	230	-34,996	-16,040	24,426
19	-28,067	1715	18	356	-34,978	-17,548	15,605
20	-19,807	357	7	109	-34,996	-8,626	104,543
21	-29,140	229	8	119	-34,995	-21,573	12,189
22	-27,250	153	8	82	-34,995	-18,534	18,838
23	-25,087	541	8	144	-34,995	-17,650	30,993
24	-23,696	159	5	62	-34,612	-17,150	42,697
25	-27,944	134	7	88	-34,725	-19,187	16,054

\*Sv = Volume backscattering strength

A **marzo** sono stati individuati 24 banchi di pesce (fig. 3.65), di cui 3 in prossimità di Clara NW; il più vicino era il n. 13 a 128,010 m, il più lontano (n. 6) è stato rilevato a 892,906 m (Tab. 3-XLV).



**Fig. 3.65** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate nel **marzo** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

**Tab. 3-XLV** - Distanza (m) dalla piattaforma Clara NW dei banchi di pesce individuati nel **marzo** 2019. In evidenza i banchi entro 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Clara NW (m)	Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	524,102	13	128,010
2	705,700	14	243,566
3	762,057	15	243,801
4	795,656	16	831,520
5	546,324	17	761,480
6	892,906	18	404,410
7	495,669	19	508,996
8	423,837	20	544,031
9	755,170	21	560,622
10	376,077	22	775,787
11	718,302	23	644,480
12	601,608	24	785,278

A livello metrico (Tab. 3-XLVI), il banco n. 7 ha presentato maggiori superficie (1704,857 m<sup>2</sup>), volume (508,557 m<sup>3</sup>) ed estensione lungo la direttrice NS (28,222 m). La maggiore lunghezza EW è stata invece misurata per il n. 12 (34,913 m). Il *range* di profondità entro il quale sono sondate le aggregazioni è stato di circa 10 m variando tra 62,173 m (banco n. 19) e 73,990 m (banco n. 14). Le caratteristiche metriche dei banchi posti a meno e a più di



300 m da Clara NW, inclusa la profondità, sono apparse assolutamente comparabili (fig. 3.66). In Tab. 3-XLVII sono riportate le variabili acustiche.

**Tab. 3-XLVI** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **marzo** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	203,573	7,131	13,069	71,675	74,984	3,310	60,005	43,801853	14,016780	73,525	3,393	0	0,000
2	93,053	5,123	5,842	69,692	72,591	2,899	32,278	43,807046	14,016804	71,196	2,883	0	0,000
3	1555,259	20,429	15,191	60,399	72,028	11,629	494,162	43,807540	14,016490	64,418	3,246	0	0,000
4	304,131	8,763	21,459	65,876	72,418	6,542	103,585	43,806549	14,014858	70,275	2,936	0	0,000
5	168,215	6,048	9,055	70,165	74,338	4,173	79,647	43,800849	14,016895	72,144	2,112	0	0,000
6	197,928	4,944	7,287	66,053	70,655	4,602	56,471	43,807818	14,014643	69,005	3,325	0	0,000
7	1704,850	28,222	22,448	55,454	66,809	11,355	508,557	43,805960	14,018996	62,240	3,324	0	0,000
8	110,843	6,991	5,883	70,603	73,810	3,207	34,994	43,804720	14,018728	72,281	3,167	0	0,000
9	713,134	8,693	17,847	65,177	73,360	8,183	306,620	43,796554	14,019159	68,762	2,095	0	0,000
10	241,224	6,876	11,552	66,651	70,996	4,345	111,893	43,803603	14,018688	68,808	2,156	0	0,000
11	254,746	8,777	11,641	67,002	70,496	3,494	97,981	43,809120	14,022237	68,798	2,600	0	0,000
12	1053,868	17,168	34,913	65,305	70,442	5,137	386,356	43,797344	14,024358	68,171	2,607	0	0,000
13	556,838	8,226	22,141	62,695	68,268	5,573	235,271	43,803356	14,024489	65,604	2,367	0	0,000
14	115,722	4,406	12,184	72,388	74,985	2,597	38,433	43,803300	14,026097	73,990	3,011	0	0,000
15	312,840	8,708	11,390	65,590	69,847	4,257	142,450	43,802145	14,026123	68,091	2,131	0	0,000
16	500,156	12,817	21,667	65,433	71,374	5,941	145,305	43,796007	14,027834	68,416	3,372	0	0,000
17	249,123	14,221	9,596	70,906	74,242	3,336	86,324	43,796844	14,028123	72,317	2,886	0	0,000
18	36,841	2,282	5,471	70,839	73,046	2,207	9,574	43,801728	14,028035	71,920	3,848	0	0,000
19	440,283	6,349	12,598	57,094	65,318	8,224	103,868	43,806853	14,025835	62,173	4,195	0	0,000
20	319,454	5,793	21,698	66,078	70,796	4,718	102,331	43,798269	14,026089	68,424	3,060	0	0,000
21	149,157	5,276	17,039	65,495	68,423	2,928	42,189	43,798096	14,026064	66,967	3,535	0	0,000
22	521,973	8,958	27,232	66,710	71,560	4,850	188,877	43,799190	14,031529	68,712	2,666	0	0,000
23	894,950	14,919	17,114	68,090	74,885	6,895	343,771	43,806032	14,029737	70,502	2,237	0	0,000
24	425,893	13,356	10,823	64,711	69,216	4,505	264,736	43,806240	14,031629	67,323	1,609	0	0,000

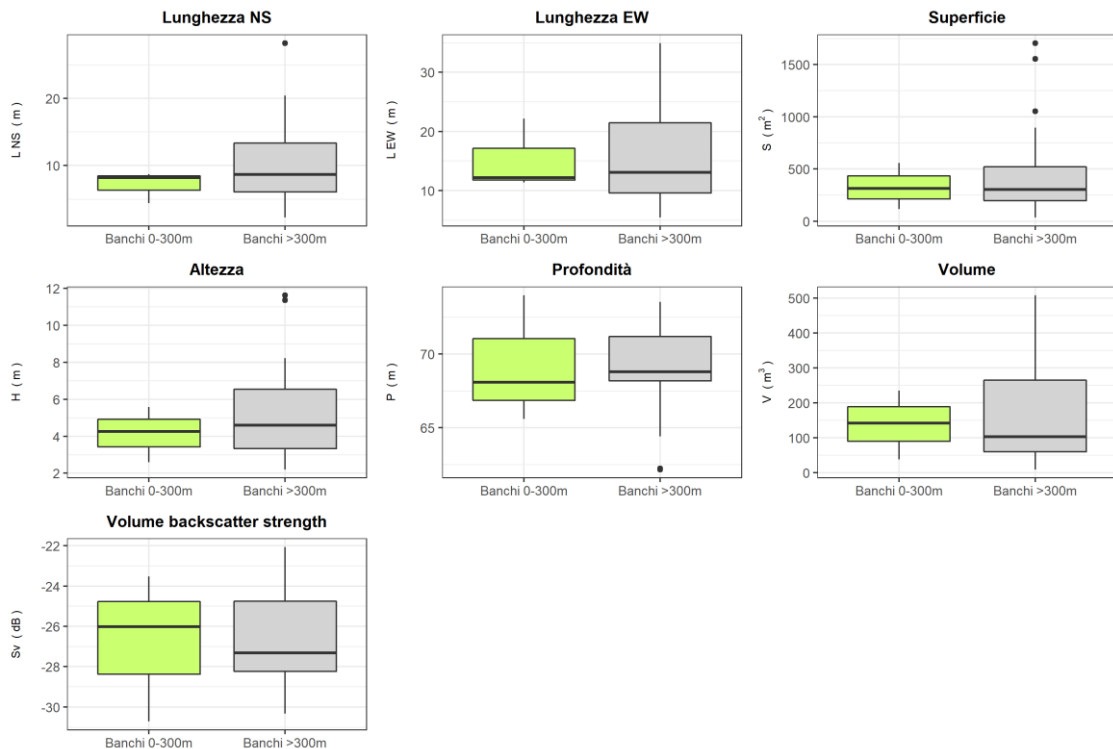
**Tab. 3-XLVII** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **marzo** 2019. In verde i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-27,713	237	7	124	-34,731	-21,156	16,932
2	-24,754	130	5	56	-34,618	-17,079	33,463
3	-30,331	1120	20	432	-34,962	-20,922	9,266
4	-26,235	436	9	192	-34,962	-16,462	23,797
5	-22,075	318	6	89	-34,731	-12,656	62,013
6	-28,237	110	5	54	-34,962	-21,001	15,008
7	-28,340	2056	28	808	-34,962	-13,382	14,655
8	-29,734	142	7	65	-34,656	-23,618	10,631
9	-28,244	684	8	171	-34,949	-20,414	14,983
10	-24,155	481	7	153	-34,962	-13,882	38,417
11	-26,872	420	9	160	-34,962	-18,382	20,548
12	-26,410	1500	18	628	-34,962	-15,882	22,857
13	-30,716	1119	8	388	-34,962	-18,541	8,481
14	-26,019	144	4	69	-34,731	-19,194	25,007
15	-23,516	554	8	172	-34,922	-13,882	44,508
16	-28,130	526	11	201	-34,962	-17,194	15,381
17	-23,561	332	14	167	-34,656	-11,618	44,044
18	-26,032	39	2	20	-34,579	-21,079	24,933
19	-29,900	206	6	100	-34,958	-20,546	10,232
20	-27,658	396	5	147	-34,962	-19,382	17,146

Tab. 3-XLVII - Continuo.

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
21	-28,192	186	5	94	-34,922	-18,759	15,162
22	-27,321	667	8	254	-34,962	-18,118	18,532
23	-23,674	1150	14	386	-34,962	-10,541	42,919
24	-23,861	1205	13	276	-34,882	-13,841	41,104

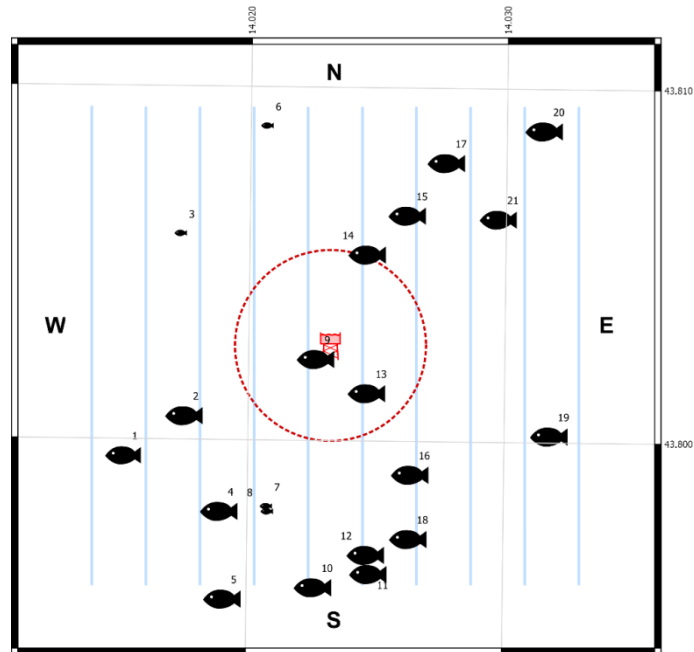
\*Sv = Volume backscattering strength



**Fig. 3.66** – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in **marzo** 2019. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

Ad **aprile** 2019 sono state sondate 21 aggregazioni, di cui due (n. 9 e n. 13) poste entro 300 m dalla piattaforma (fig. 3.67). Il banco più vicino era il n. 9 (62,207 m), quello più distante il n. 20 (954,061 m; Tab. 3-XLVIII). Le maggiori superficie e volume (rispettivamente 2945,574 m<sup>2</sup> e 1020,072 m<sup>3</sup>) sono state registrate per il n. 11 (Tab. 3-XLIX). La massima lunghezza in direzione EW (30,378 m) è stata misurata per l'aggregazione n. 16, mentre la maggiore lunghezza NS (31,054 m) è stata rilevata per n. 17. Le profondità sono variate tra 60,357 m (banco n. 7) e 73,143 m (banco n. 10). Le caratteristiche metriche dei banchi rilevati entro e oltre i 300 m dalla piattaforma sono risultate assolutamente comparabili eccetto la profondità, risultata in questo survey

maggiore entro i 300 m da Clara NW; dal grafico riguardante il *Volume Backscatter Strength*, si può osservare che la compattezza dei banchi lontani dalla piattaforma era sensibilmente maggiore rispetto a quella dei banchi più vicini (fig. 3.68). In Tab. 3-L sono riportate le variabili acustiche del banco sondato.



**Fig. 3.67** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'aprile 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

**Tab. 3-XLVIII** - Distanza (m) da Clara NW dei banchi di pesce individuati nell'aprile 2019. In evidenza le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Clara NW (m)	Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	737,807	12	654,736
2	511,315	13	174,283
3	602,756	14	316,662
4	621,727	15	480,808
5	857,960	16	462,869
6	732,532	17	685,381
7	537,565	18	641,691
8	551,589	19	732,512
9	62,207	20	954,061
10	751,112	21	660,602
11	715,480		

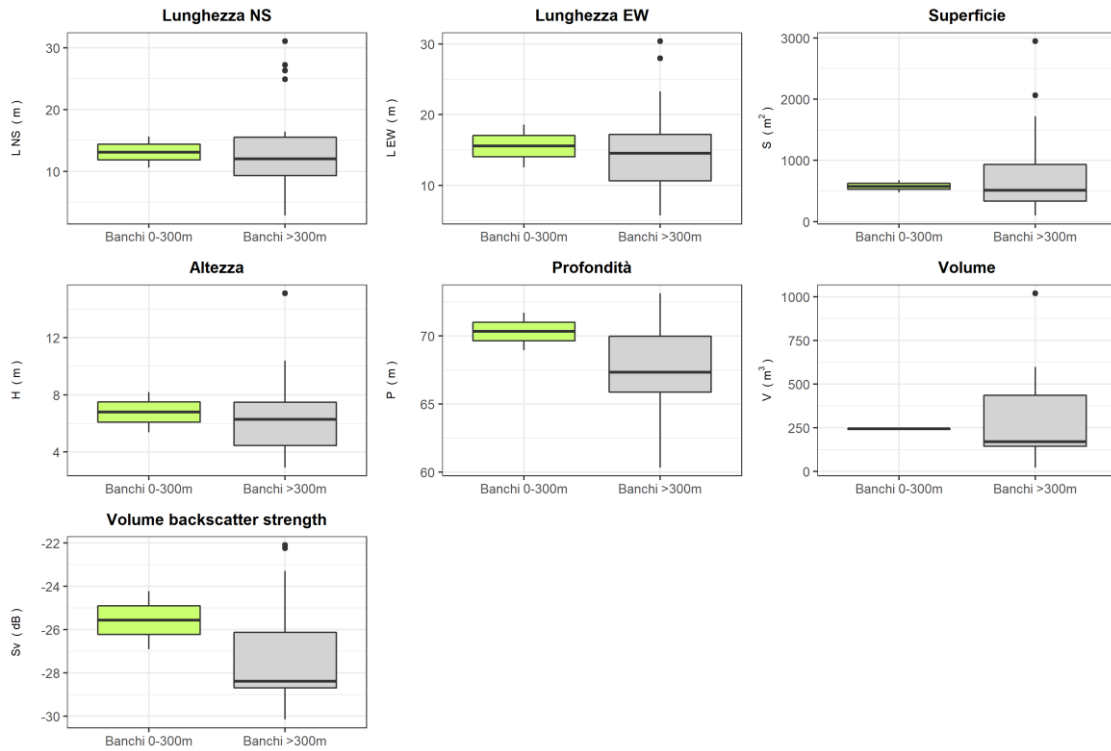
**Tab. 3-XLIX** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati in **aprile** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	380,725	9,843	16,318	69,715	74,344	4,629	142,530	43,799635	14,015050	72,533	2,671	0	0,000
2	591,192	7,270	20,695	56,128	64,254	8,126	190,582	43,800776	14,017412	60,444	3,102	0	0,000
3	144,901	8,811	6,361	62,421	66,689	4,268	47,619	43,805926	14,017175	64,312	3,043	0	0,000
4	1718,347	14,595	27,944	59,724	70,132	10,408	521,393	43,798080	14,018814	65,344	3,160	0	0,000
5	510,961	12,896	14,293	68,696	73,769	5,073	183,526	43,795599	14,018975	71,419	2,784	0	0,000
6	113,418	5,484	5,747	71,832	74,753	2,921	40,609	43,808893	14,020510	73,143	2,585	0	0,000
7	133,972	7,471	8,344	58,545	62,804	4,259	32,429	43,798225	14,020623	60,357	4,041	0	0,000
8	102,412	2,877	5,886	61,655	68,607	6,952	23,847	43,798077	14,020663	67,011	3,857	0	0,000
9	479,910	10,631	12,538	66,201	74,407	8,206	245,157	43,802409	14,022522	71,707	1,860	1	0,264
10	328,588	11,108	10,318	71,554	74,985	3,431	162,839	43,795950	14,022505	73,143	1,967	0	0,000
11	2945,574	24,889	23,269	56,115	71,239	15,124	1020,072	43,796342	14,024666	66,104	2,530	0	0,000
12	408,282	10,620	14,961	68,462	74,795	6,333	159,323	43,796883	14,024556	72,472	2,563	0	0,000
13	674,645	15,611	18,574	66,059	71,431	5,372	242,101	43,801458	14,024526	68,955	2,758	1	0,460
14	515,820	16,431	10,979	64,375	71,227	6,852	171,229	43,805381	14,024493	68,525	2,988	0	0,000
15	755,356	12,904	13,322	64,065	69,216	5,151	211,968	43,806495	14,026040	66,665	3,122	0	0,000
16	2063,248	26,293	30,378	63,115	71,139	8,024	597,434	43,799165	14,026250	67,569	3,268	0	0,000
17	1525,649	31,054	18,095	58,941	68,657	9,716	488,237	43,807995	14,027540	65,680	2,871	0	0,000
18	338,490	11,044	16,022	65,149	69,216	4,067	154,144	43,797346	14,026206	67,376	2,196	2	0,482
19	579,976	12,008	14,165	63,677	69,857	6,180	385,520	43,800292	14,031667	67,334	1,504	4	2,180
20	1108,398	27,231	14,520	63,273	69,629	6,356	515,700	43,808923	14,031347	66,963	2,149	3	1,709
21	511,739	14,382	14,736	64,068	70,360	6,292	148,225	43,806412	14,029593	67,395	3,380	0	0,000

**Tab. 3-L** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati in **aprile** 2019. In verde le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

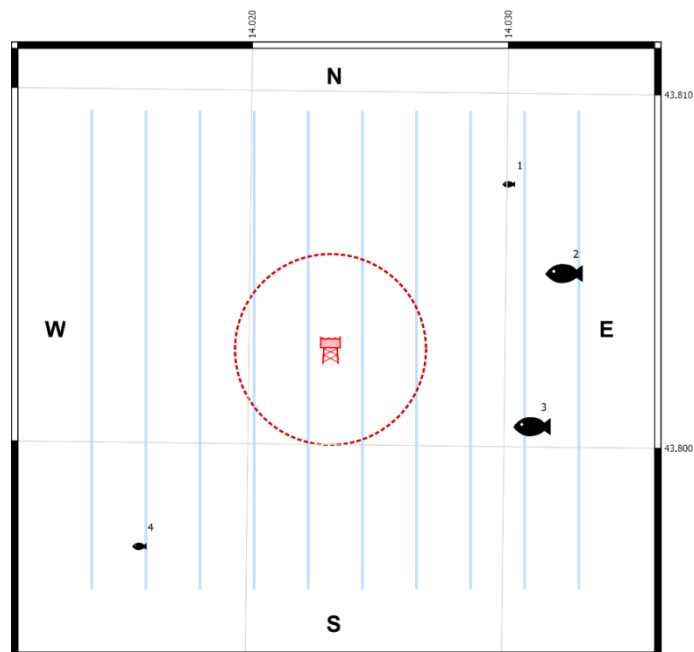
Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-26,822	586	10	283	-34,694	-14,118	20,786
2	-28,440	814	7	178	-34,985	-21,305	14,321
3	-27,301	197	9	96	-34,731	-18,731	18,618
4	-29,550	1847	13	549	-34,958	-17,913	11,091
5	-28,028	687	12	245	-34,962	-19,694	15,746
6	-26,048	136	5	55	-34,731	-17,156	24,845
7	-30,096	159	8	78	-34,913	-24,276	9,782
8	-30,150	68	3	30	-34,841	-24,300	9,660
9	-24,226	899	10	206	-34,962	-12,579	37,793
10	-23,292	608	10	203	-34,731	-13,156	46,859
11	-28,432	2741	21	717	-34,962	-18,118	14,348
12	-24,667	680	10	257	-34,768	-13,731	34,141
13	-26,895	1063	17	388	-34,962	-15,079	20,441
14	-28,493	701	16	263	-34,731	-21,156	14,150
15	-28,758	446	10	174	-34,841	-20,300	13,311
16	-28,384	1589	23	677	-34,962	-17,800	14,508
17	-28,953	1832	33	670	-34,962	-19,841	12,726
18	-22,096	634	10	207	-34,882	-11,759	61,715
19	-22,234	1947	13	409	-34,922	-11,759	59,783
20	-26,205	2083	27	560	-34,962	-13,422	23,959
21	-28,625	494	13	185	-34,962	-19,922	13,725

\*Sv = Volume backscattering strength



**Fig. 3.68** – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nell'aprile 2019. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali outliers.

A maggio 2019 sono stati osservati 4 banchi di pesce tutti oltre i 300 m da Clara NW (fig. 3.69 e Tab. 3-LI).



**Fig. 3.69** - Schema planare delle posizioni dei banchi individuati nel maggio 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

**Tab. 3-LI** - Distanza (m) da Clara NW dei banchi di pesce individuati nel **maggio** 2019.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	764,610
2	769,444
3	666,814
4	860,589

L'aggregazione n. 2 ha presentato la massima superficie (795,264 m<sup>2</sup>), mentre la n. 3 è stata caratterizzata da maggiori volume (333,712 m<sup>3</sup>) ed estensioni EW (15,434 m) e NS (16,904 m; Tab. 3-LII). Le profondità a cui sono stati sondati i banchi sono variate tra un minimo di 41,055 m, che compete al banco n. 4, a un massimo di 73,668 m (banco n. 1). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-LIII.

**Tab. 3-LII** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati in **maggio** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

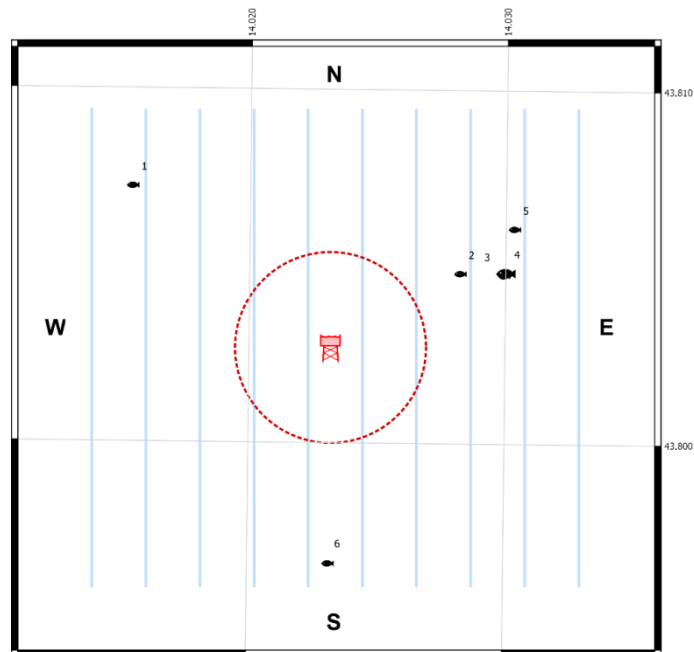
Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	30,341	4,932	1,815	72,645	74,890	2,245	7,708	43,807523	14,029956	73,668	3,936	0	0,000
2	795,264	13,221	11,596	55,725	63,796	8,071	300,519	43,805037	14,032186	59,523	2,633	0	0,000
3	647,328	16,904	15,434	67,954	75,072	7,118	333,712	43,800695	14,031003	71,547	1,924	4	2,015
4	157,630	7,142	5,367	36,422	45,149	8,727	57,365	43,797158	14,015707	41,055	2,748	0	0,000

**Tab. 3-LIII** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati in **maggio** 2019.

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-31,739	38	2	18	-34,754	-28,216	6,700
2	-28,694	1596	12	317	-34,973	-19,882	13,509
3	-21,611	1140	13	262	-34,982	-10,254	69,013
4	-25,161	235	5	74	-34,819	-16,735	30,475

\*Sv = Volume backscattering strength

Infine, a **giugno** 2019 sono stati rinvenuti 6 banchi di modeste dimensioni, nessuno dei quali a una distanza minore di 300 m da Clara NW (fig. 3.70). Infatti, quello più vicino alla piattaforma, il n. 2, è stato rilevato a 466,375 m (Tab. 3-LIV). L'aggregazione metricamente più grande è risultata la n. 4, con superficie di 299,762 m<sup>2</sup>, volume di 77,567 m<sup>3</sup>, lunghezza EW di 12,415 m e lunghezza NS di 19,125 m. La profondità minima alla quale sono state rinvenute aggregazioni è stata pari a 50,625 m (banco n. 1), mentre la profondità massima, pari a 74,989 m è stata rilevata per il banco n. 6 (Tab. 3-LV). In Tab. 3-LVI sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.



**Fig. 3.70** - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate nel **giugno** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

**Tab. 3-LIV** - Distanza (m) da Clara NW dei banchi di pesce individuati nel **giugno** 2019.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	817,757
2	466,375
3	585,816
4	594,327
5	685,591
6	667,961

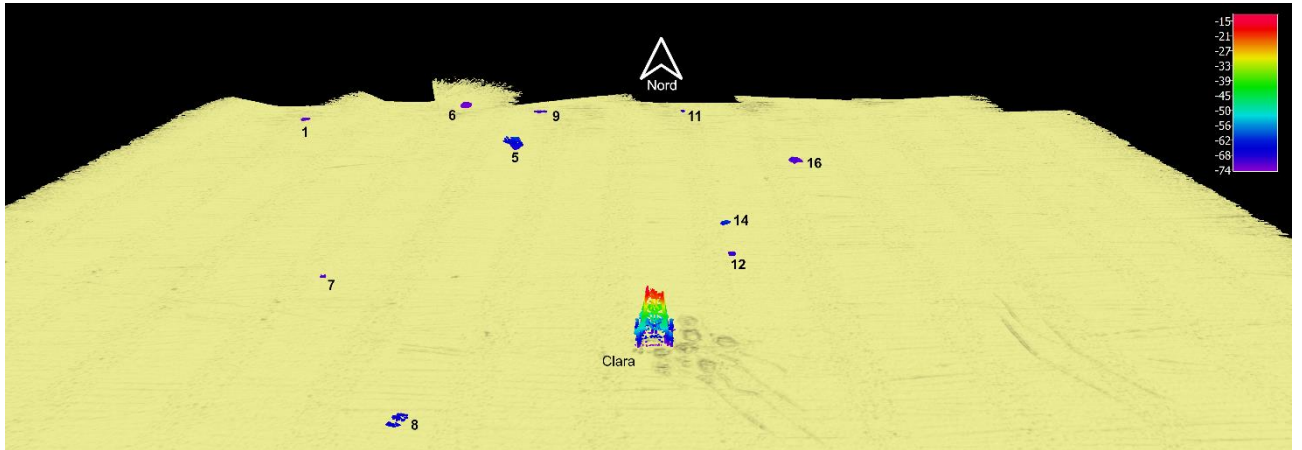
**Tab. 3-LV** - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati in **giugno** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m <sup>2</sup> )	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m <sup>-1</sup> )	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m <sup>3</sup> )
1	89,918	7,274	3,773	47,173	52,303	5,130	25,961	43,807328	14,015296	50,625	3,255	0	0,000
2	65,490	5,875	2,876	52,799	55,817	3,018	17,152	43,804907	14,028112	54,283	3,818	0	0,000
3	42,381	6,021	1,915	71,945	74,068	2,123	11,500	43,804860	14,029825	73,032	3,685	0	0,000
4	299,762	19,125	12,415	72,919	76,027	3,108	77,567	43,804935	14,029894	74,750	3,865	0	0,000
5	165,160	6,971	6,616	72,401	75,127	2,726	41,350	43,806178	14,030219	73,567	4,306	0	0,000
6	154,510	15,411	5,810	73,453	76,027	2,574	45,332	43,796681	14,023054	74,989	3,408	0	0,000

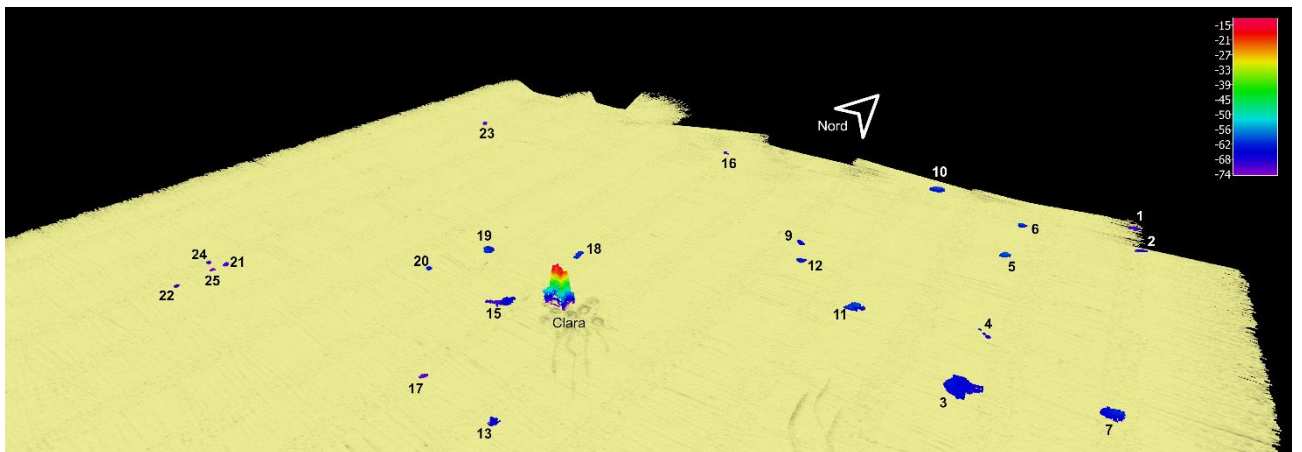
**Tab. 3-LVI** - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati in **giugno** 2019.

Banco	Sv medio (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Sv massimo (dB re 1 m <sup>-1</sup> )	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
1	-20,036	118	4	46	-34,686	-10,685	99,165
2	-29,543	98	3	42	-34,845	-22,845	11,109
3	-30,198	48	2	23	-34,678	-27,139	9,554
4	-24,245	307	13	222	-34,791	-14,754	37,623
5	-23,858	85	6	73	-34,716	-15,253	41,135
6	-28,573	196	6	121	-34,791	-22,254	13,890

Di seguito si riportano alcuni esempi di 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 piattaforma Clara NW.

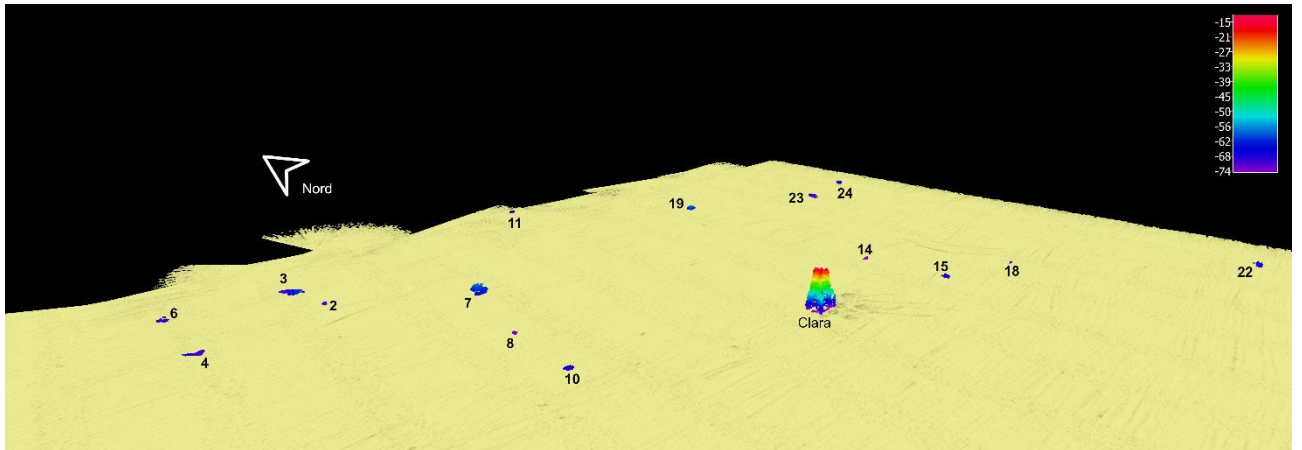


**Fig. 3.71** – Immagine tridimensionale da Sud della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce di **gennaio 2019**. Al centro dell'immagine è visibile Clara NW.

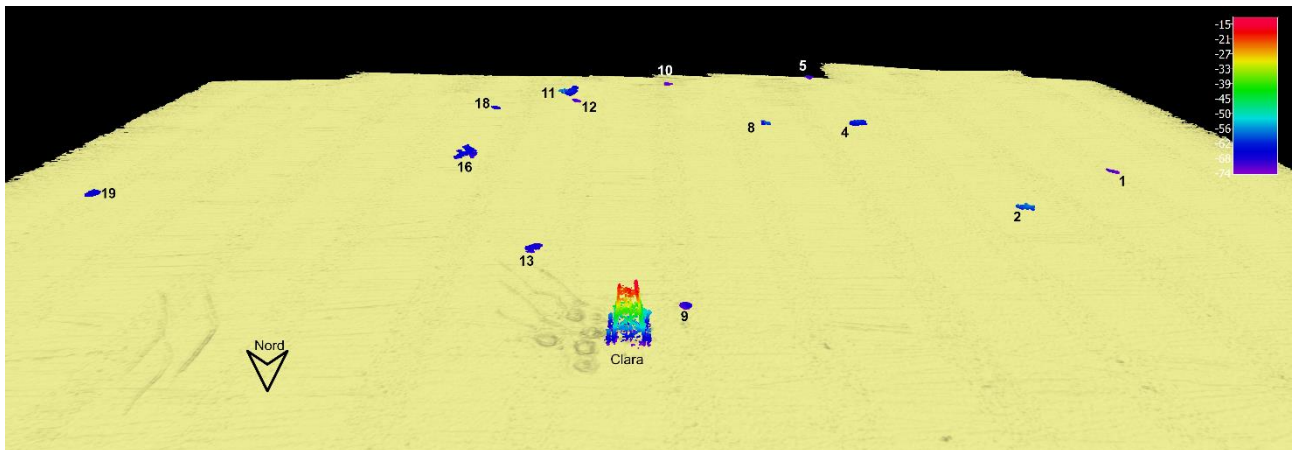


**Fig. 3.72** – Immagine tridimensionale da Sud-Est della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce di **febbraio 2019**. La piattaforma si trova al centro dell'immagine.

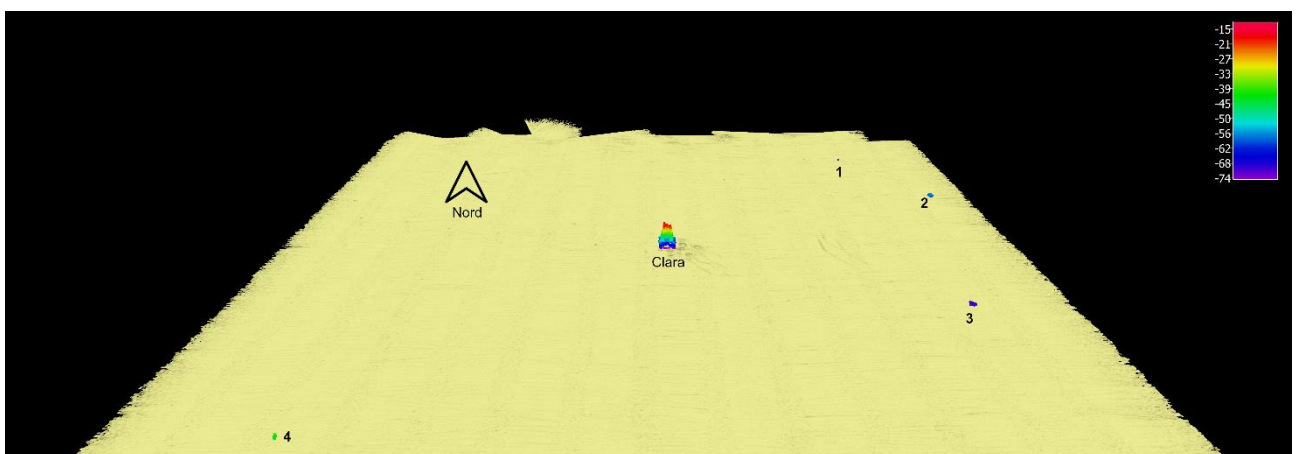




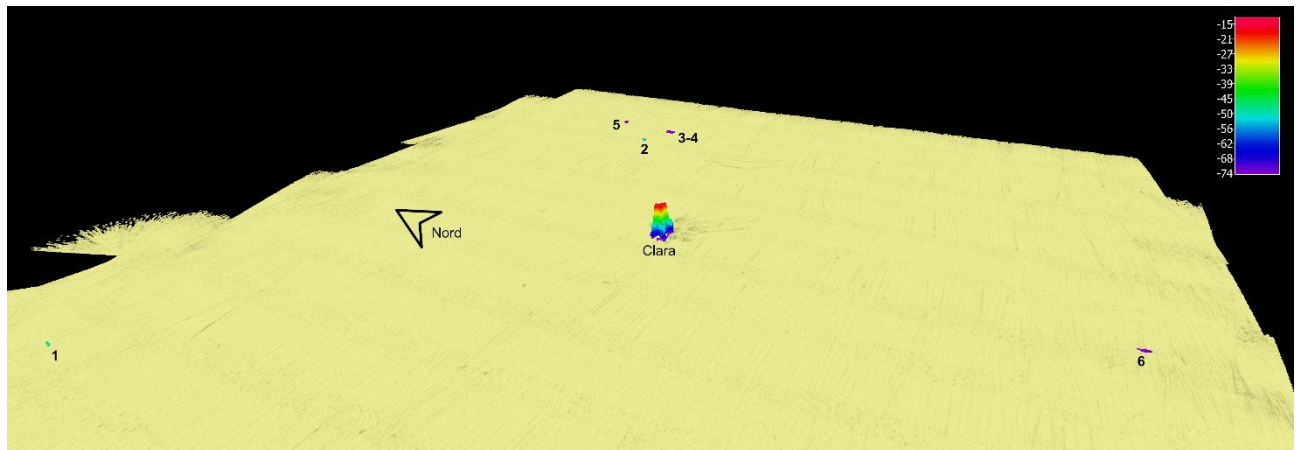
**Fig. 3.73** – Immagine tridimensionale da Sud-Ovest della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **marzo 2019**. Al centro dell’immagine è visibile Clara NW.



**Fig. 3.74** – Immagine tridimensionale da Nord della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce in **aprile 2019**. Al centro dell’immagine è visibile la struttura.



**Fig. 3.75** – Immagine tridimensionale da Sud della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **maggio 2019**. Al centro dell’immagine è visibile la struttura.

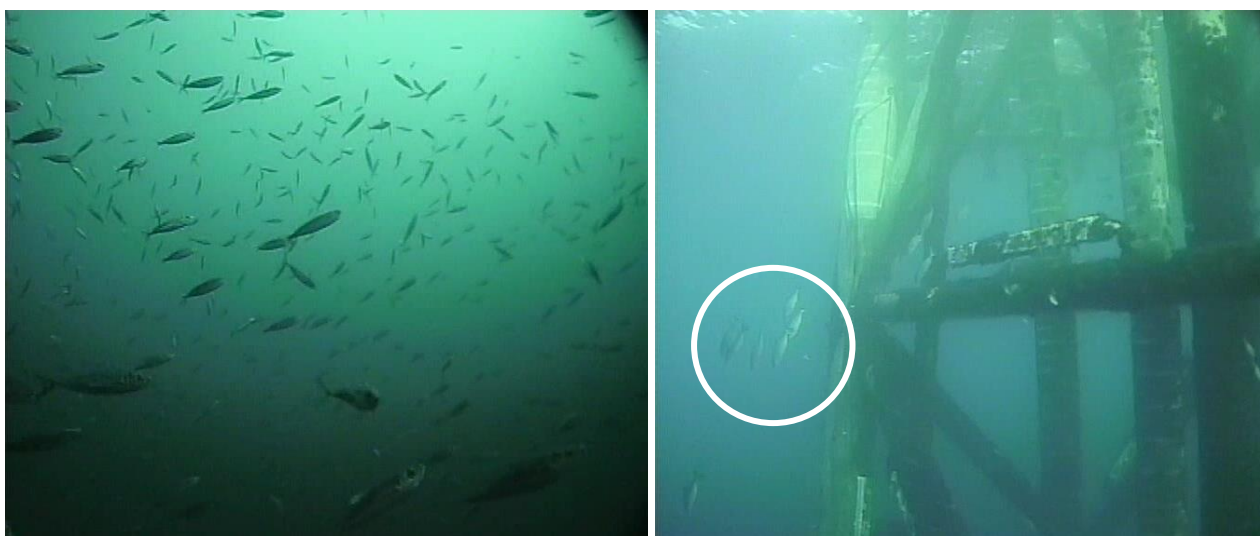


**Fig. 3.76** – Immagine tridimensionale da Ovest della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **giugno 2019**. Al centro dell’immagine è visibile la piattaforma.

### 3.8.3. INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA

Nei mesi di maggio e giugno non sono stati individuati banchi di pesce in prossimità della piattaforma.

A **gennaio 2019** sono stati osservati grossi banchi di pesce pelagico (da ricondursi probabilmente alle specie del genere *Trachurus*; P-PA) in prossimità e tra i pali della piattaforma; a profondità minori sono stati osservati anche alcuni esemplari di pesce pelagico di dimensioni maggiori, ma non meglio identificabili a causa della loro distanza dalla videocamera (fig. 3.77).



**Fig 3.77 - Gennaio 2019.** Banco di *Trachurus* spp in prossimità della piattaforma (P-PA, a sinistra) e alcuni esemplari di pesce pelagico di dimensioni maggiori e a basse profondità tra i pali della struttura (cerchiati, a destra).

A **febbraio** 2019 sono stati osservati, tra i pali della piattaforma, alcuni grossi banchi di specie pelagiche parzialmente attratte (P-PA), probabilmente *Trachurus* spp., *Boops boops* e altre (fig. 3.78).



**Fig. 3.78 - Febbraio 2019.** Banchi di pesce pelagico tra i pali della piattaforma.

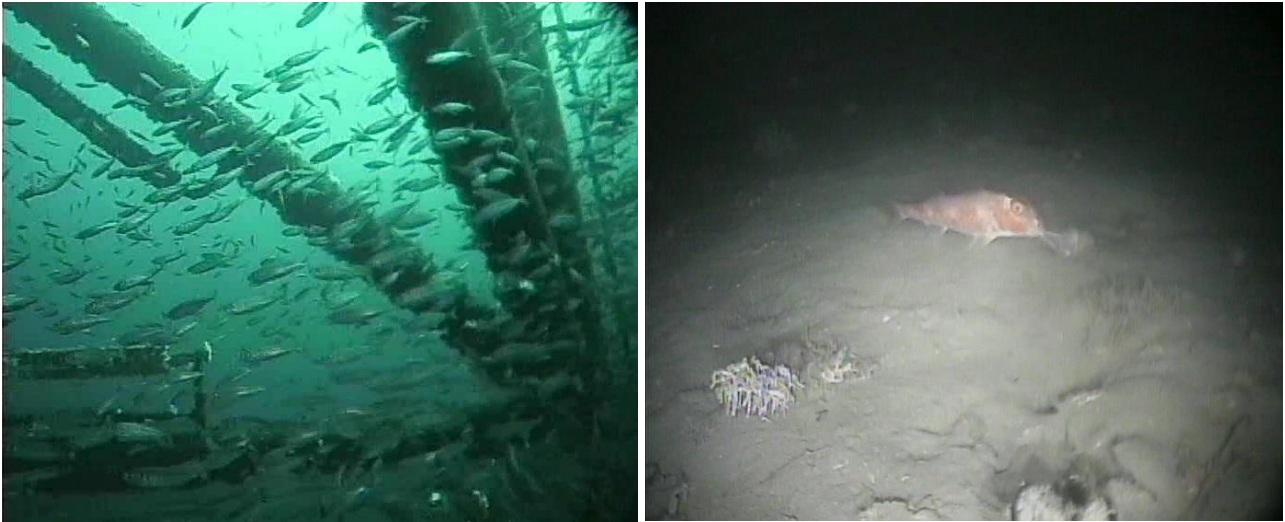
Anche a **marzo** le riprese hanno rilevato la presenza di pesce P-PA attorno e tra i pali della piattaforma verosimilmente riconducibile alla specie *B. boops* e al genere *Trachurus* (fig. 3.79).



**Fig. 3.79 - Marzo 2019.** Esemplici di pesce pelagico in prossimità della piattaforma (sinistra); esemplare di *Liocarcinus* spp. sul fondo (freccia bianca, destra).

Ad **aprile** 2019 la situazione è stata molto simile alle precedenti con il rilevamento di

banchi di specie pelagiche tra i pali della piattaforma, mentre sul fondo adiacente alla struttura è stato osservato un esemplare di *Mullus barbatus* (B-NA, fig. 3.80).



**Fig. 3.80 - Aprile 2019.** Banco di specie pelagiche tra i pali della piattaforma (a sinistra) ed esemplare di *Mullus barbatus* rinvenuto sul fondale in prossimità della piattaforma (B-NA, a destra).

### 3.9. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Nel 1° semestre 2019 è avvenuto un solo avvistamento il giorno 2 aprile. In quell'occasione, alle ore 12:56 è stata avvistata una tartaruga marina (*Caretta caretta*) a circa 500 m di distanza in direzione E rispetto alla piattaforma (Tab. 3-LVII).

**Tab. 3-LVII** - Survey condotti durante il 1° semestre 2019 per l'avvistamento di cetacei e rettili marini nell'area in cui è stata installata la piattaforma Clara NW.

		N. survey	N. avvistamenti	N. esemplari
4° anno PL	Gennaio 2019	3	0	
	Febbraio 2019	3	0	
	Marzo 2019	3	0	
	Aprile 2019	3	1	1*
	Maggio 2019	3	0	
	Giugno 2019	3	0	

\* *Caretta caretta*

#### 4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 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 Clara NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Calipso. Tale monitoraggio nel 2019 è stato condotto dal RTI di cui il CNR-IRBIM è Impresa Mandataria e che comprende come Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AMBIENTE SpA di Carrara e Università Politecnica delle Marche.

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 prescrizioni dell’ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-IRBIM di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell’oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-ISMAR di Ancona dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione 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, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra (settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; 2019a; 2019b; 2020; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2020b); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Clara NW.

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

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

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

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nel 1° semestre del 4° anno della fase di produzione di Clara NW (gennaio - giugno 2019), durante il quale sono state condotte tutte le indagini previste.

**Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua** - L'area di posa della piattaforma di estrazione Clara NW è localizzata a circa 25 mn dalla costa ed è caratterizzata da condizioni idrografiche di mare aperto, risentendo solo in parte della circolazione costiera (Artegiani *et al.*, 1997a;1997b). Le caratteristiche oceanografiche determinate durante il 1° semestre 2019 (campagne di febbraio e maggio 2019) sono risultate in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a; Zavatarelli *et al.*, 1998) confermando le osservazioni precedenti (Fabi *et al.*, 2019b).

Per quanto concerne la temperatura, è apparso evidente il riscaldamento a maggio, mentre a febbraio era stata registrata una maggiore omogeneità. Per la salinità a febbraio sono stati osservati andamenti analoghi a quelli della temperatura, con valori omogenei e più elevati dalla superficie fino a quote intermedie e uno strato a valori minimi sul fondo. A maggio invece i valori minimi di salinità sono stati registrati sia in superficie che al fondo, con i valori più alti rilevati nello strato 20-60 m.

Anche la concentrazione di ossigeno disciolto alla saturazione è risultata piuttosto omogenea a febbraio, con percentuali <100% fino a quote intermedie in diminuzione verso il fondo, mentre a maggio è stata rilevata una maggiore variabilità, con concentrazioni massime a quote sub-superficiali, in diminuzione verso il fondo, dove è stato rilevato uno strato con valori minimi. In entrambi i survey non sono state comunque osservate condizioni ipossiche o anossiche.

Le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008) confermando, anche in questo caso, i risultati precedenti. Per quanto riguarda i composti azotati, i valori di nitriti e nitrati sono risultati più alti a febbraio che a maggio, mentre ammonio, ortofosfati e silicati sono risultati simili in entrambi i campionamenti.

Considerando i profili di fluorescenza *in situ*, a febbraio i valori sono stati più bassi ed

uniformi lungo la verticale, mentre a maggio sono stati rilevati picchi relativi di attività fotosintetica tra 40 e 60 m di profondità.

Le concentrazioni di Chl *a* e Chl *c*, quest'ultima caratteristica delle diatomee, sono state maggiori a maggio, mentre la Chl *b*, caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta, ha seguito un andamento opposto, essendo le sue concentrazioni superiori a febbraio. In generale comunque le concentrazioni sono state modeste confermando le generali condizioni di oligotrofia dell'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Totti *et al.*, 2000).

Il carico solido sospeso è stato caratterizzato da un aumento nelle acque di fondo in entrambi i periodi ma soprattutto a maggio, come evidenziato dai profili di torbidità. Questo trend è stato osservato frequentemente in Adriatico ed è probabilmente da correlare a processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

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

In definitiva, non sono apparse evidenti alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione della piattaforma Clara NW e ciò conferma quanto rilevato anche nei periodi di indagine precedenti.

Per quanto riguarda l'analisi degli inquinanti, gli idrocarburi totali e gli idrocarburi alifatici sono apparsi in diminuzione a maggio; analogamente, gli Idrocarburi policiclici aromatici a maggio non sono stati rilevati nel 56% dei campioni prelevati sia dai controlli che, soprattutto, dalle stazioni a 100 m dalla piattaforma. I BTEX hanno presentato un comportamento opposto, risultando non rilevabili, o comunque prossimi ai limiti di quantificazione, a febbraio. A maggio sono stati quantificati praticamente ovunque senza rivelare andamenti legati alla posizione delle stazioni, eccetto il toluene risultato inferiore al limite in tutti i campioni prelevati a 100 m da Clara NW. Il glicole etilenico ha confermato i risultati precedenti risultando non rilevabile ovunque, nonostante il limite di quantificazione si sia abbassato notevolmente (Fabi *et al.*, 2019b).

Per quanto concerne infine i metalli pesanti, 5 (alluminio, cadmio, ferro, piombo, e indio) dei 14 ricercati non sono stati rilevati nella quasi totalità dei campioni in entrambe le



campagne di misura. Cromo e nichel sono apparsi più presenti nei siti di controllo, il mercurio in quelli vicini alla piattaforma. Il rame non è stato rilevato ai controlli a febbraio e nei siti 100 m a maggio; il bario ha presentato un comportamento simile ai controlli, mentre nelle stazioni vicine alla piattaforma è stato sempre rilevato. I restanti metalli pesanti non hanno presentato alcun trend. Comunque, la maggior parte di essi hanno mostrato concentrazioni comparabili a quelle rilevate precedentemente (Fabi *et al.*, 2019b). Tenendo in considerazione i risultati nel loro complesso è possibile affermare che la piattaforma Clara NW continua a non influenzare gli andamenti dei parametri indagati.

**Misure correntometriche** - Le registrazioni effettuate nel 1° semestre 2019 hanno confermato quanto rilevato negli anni precedenti (Fabi *et al.*, 2019b), ovvero che l'areale in cui è installata la piattaforma Clara NW è caratterizzato da un regime delle correnti molto variabile in direzione e di intensità generalmente debole (0,1-0,2 m/s), anche se in alcuni brevi periodi è stata registrata un'intensificazione fino a 0,3 m/s.

**Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti** - I dati acquisiti nell'inverno 2019, ovvero nel 7° survey effettuato dopo l'entrata in produzione di Clara NW, indicano la presenza di sedimenti perlopiù costituiti da percentuali confrontabili di sabbia, silt argilla nella maggior parte dei siti posizionati lungo i transetti o da una prevalenza di silt sulle altre due componenti in alcune stazioni inclusi i controlli. E' da sottolineare che, per la prima volta (Fabi *et al.*, 2019b), un campione prelevato in corrispondenza della piattaforma, precisamente CL SW, è risultato quasi completamente anossico.

Per quanto concerne la presenza di contaminanti, gli Idrocarburi Policiclici Aromatici e gli Idrocarburi totali pesanti sono risultati presenti in concentrazioni molto modeste e, per quanto concerne i primi per i quali esistono riferimenti nazionali (DM 173/2016; ICRAM-APAT, 2007) ampiamente inferiori ai limiti indicati. Inoltre, entrambe queste tipologie di composti non hanno mostrato differenze con quanto rilevato nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b), indicando che la piattaforma non sta influenzando le loro dinamiche. Gli Idrocarburi totali leggeri non sono stati affatto rilevati come in precedenza.

Anche i metalli pesanti nell'inverno 2019 non indicano la presenza di impatto. Infatti, le loro concentrazioni sono sempre risultate confrontabili sia tra l'area circostante la piattaforma e i siti di controllo, sia con quelle registrate nel pre-survey; inoltre, i tenori sono stati modesti tanto che solo quelli di pochi metalli hanno superato il Livello Chimico di Riferimento Nazionale indicato nel DM 173/2016. Si tratta in particolare del cromo,

arsenico e nichel che, tuttavia, sono risultati maggiori ai limiti anche nei controlli e sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019b).

Per il bario è stata osservata una situazione diversa: questo metallo ha infatti presentato un picco in CL SE, decisamente inferiore rispetto a quelli rilevati in qualche survey precedente (Fabi *et al.*, 2019b) ma comunque più che doppio rispetto alla media registrata prima dell'installazione della piattaforma e, dunque, è stata effettuata l'estrazione sequenziale. L'analisi ha evidenziato una presenza equa di frazione biodisponibile e di frazione non biodisponibile del metallo. Per quanto concerne la frazione biodisponibile, essa si è comunque attestata su un valore molto inferiore al doppio della concentrazione media del pre-survey, valore preso come riferimento e che può essere considerato come limite cautelativo. Ad ogni modo, come già sottolineato in precedenza, questo metallo risulta influenzato dalla piattaforma.

Un cenno merita la sostanza organica che nei siti posizionati a SW della struttura a 120 e 250 m di distanza (siti B7 e B8) ha raggiunto le concentrazioni più elevate dell'intero periodo di indagine. I prossimi campionamenti potranno indicare se si tratta di un caso isolato o dell'inizio di un accumulo nei sedimenti. Nulla da segnalare per quanto riguarda il TOC.

**Ecotossicologia dei sedimenti** - Nel 7° monitoraggio post lavori di installazione i sedimenti circostanti Clara NW si sono rivelati ottimali per la crescita algale di *Dunaliella tertiolecta*, per la bioluminescenza di *Vibrio fischeri* e per la sopravvivenza di *Corophium orientale*, confermando i risultati descritti in Fabi *et al.*, 2019b.

Una situazione un po' differente è stata riscontrata per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*. In questo caso, infatti, è stata rilevata una tossicità bassa soprattutto lungo la direttrice NE - SW rispetto alla piattaforma che ha interessato anche i due siti a NE e a SW corrispondenti alla struttura oltre a quello posizionato sul lato NW. Una tossicità bassa è stata riscontrata anche in un controllo, anch'esso posizionato a NE rispetto alla struttura. Questi risultati indicano un lieve peggioramento in quei siti che tuttavia, avendo interessato anche il riferimento, non è completamente imputabile alla presenza di Clara NW.

**Analisi di inquinanti e biomarker in *Hediste diversicolor*** - Per quanto concerne i risultati relativi al bioaccumulo di metalli pesanti ottenuti nell'inverno 2019, sono stati rilevati segnali diffusi di bioaccumulo di zinco e mercurio che, avendo interessato anche i controlli, non sono imputabili alla piattaforma. Meno diffuso il bioaccumulo di arsenico

che, anche in questo caso, ha riguardato anche tre controlli, mentre quello relativo a cadmio e piombo è stato rilevato solo in un sito del transetto B e in uno corrispondente a Clara NW, rispettivamente. Solo questi due ultimi due casi potrebbero essere ricondotti alla presenza della struttura anche se, in un'ottica generale che tenga conto anche dei risultati precedenti (Fabi *et al.*, 2019b), non danno adito a preoccupazioni.

Gli indici biologici di stress indicano nel complesso, in questa fase dello studio, uno scarso effetto tossico associato alla presenza di sostanze inquinanti nei sedimenti e l'assenza di rischio genotossico. Viene evidenziata una lieve forma di stress associata sia alla glutazione transferasi che alla stabilità delle membrane lisosomiali nei celomociti degli organismi esposti ai sedimenti prelevati nel sito adiacente alla piattaforma sul lato SW, che si ricorda è l'unico dal quale è stato prelevato sedimento quasi anossico, così come un lieve segnale di stress presso B6, situato nella medesima direzione a 60 m di distanza. Diversamente, la risposta biologica associata alla biodisponibilità di metalli pesanti (livelli di metallotioneine) ha evidenziato alcuni segnali di stress nell'area circostante la piattaforma simili a quelli riportati per aree marine soggette a un moderato impatto antropico (Perez *et al.*, 2004).

**Analisi di biomarker e inquinanti in *Mytilus galloprovincialis*** - Nonostante un'induzione nei livelli delle metallotioneine nei mitili campionati sui piloni della struttura rispetto a quelli del sito di riferimento, i risultati dei biomarker non evidenziano una condizione di stress ambientale legata all'attività della piattaforma Clara NW. Le lievi variazioni osservate possono essere imputate a fluttuazioni delle risposte biologiche (legate anche a fattori biotici o abiotici locali) che sono tipiche degli organismi bioindicatori.

In generale i livelli di bioaccumulo di inquinanti (idrocarburi alifatici, IPA e metalli pesanti), non mostrano anomalie nei mitili prelevati dalle parti sommerse di Clara NW, ad eccezione degli idrocarburi volatili C<10 che, con valori compresi tra 12000 e 15000 ppb, suggeriscono la necessità di ulteriori verifiche nell'ambito delle successive campagne di indagine. Livelli più alti di As, V, Cd e Ni sono stati rinvenuti nei mitili campionati in piattaforma rispetto a quelli di riferimento, con valori che tuttavia non risultano significativamente dissimili da quelli di popolazioni di molluschi di riferimento e tipici di organismi provenienti da aree costiere non soggette a fenomeni di perturbata biodisponibilità.

Un'anomalia degna di nota si riferisce ai livelli di IPA, principalmente per i congeneri ad

alto peso molecolare, rinvenuti nei mitili di riferimento, sottolineando l'importanza di una attenta verifica di questo campione per le future campagne di indagine, al fine di comprendere il significato di tale risultato.

**Comunità bentonica** – Come già osservato in tutti i survey finora condotti (Fabi *et al.*, 2019b), anche nell'inverno 2019 le comunità bentoniche non sono risultate particolarmente diversificate nonostante una cospicua presenza di specie secondarie, a causa della netta dominanza di policheti appartenenti alla famiglia Paraonidae seguiti da *Hyala vitrea* e *Aphelochaeta filiformis*.

I popolamenti sono apparsi costituiti soprattutto da organismi limicoli, seguiti dagli indicatori della materia organica e/o da quelli tipici di fondali sabbiosi o a granulometria mista. Si tratta per lo più di policheti e, in misura minore di crostacei e molluschi. Entro un raggio di 30 m dalla piattaforma i taxa di substrato duro, o comunque ecologicamente legati ad essi, sono aumentati rispetto all'estate 2018 essendo passati da 14 a 23. Analogamente ai due anni precedenti (Fabi *et al.*, 2019b), i valori maggiori di tutti gli indici biotici sono stati registrati nelle stazioni corrispondenti alla piattaforma con una tendenza al decremento alle distanze maggiori. Ciò conferma che la presenza della struttura determina un arricchimento delle comunità che è già evidente come indicato dal multidimensional scaling e lo diventerà verosimilmente ancora di più con il proseguo del monitoraggio. Infatti, da esperienze pregresse (Fabi *et al.*, 2005c; Trabucco *et al.*, 2006; 2008; Manoukian *et al.*, 2010), è emerso che presso le strutture di estrazione offshore installate in Adriatico centro-settentrionale a profondità maggiori di 40 m avviene una grande diversificazione dei popolamenti bentonici dopo circa tre anni dalla loro installazione.

Lo stato ecologico relativo all'ultimo monitoraggio è risultato compreso tra buono e moderato lungo i transetti e tra buono/moderato e moderato sia nei siti corrispondenti alla piattaforma che ai controlli indicando, rispetto all'estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019b), un lieve peggioramento presso CL NW e CL SE, B3, B4 e K3, un miglioramento nei quattro siti a SW del transetto B e A8 e una situazione stabile altrove.

**Comunità ittica** - L'indagine condotta con reti tremaglio nel 1° semestre 2019 ha evidenziato rendimenti di pesca significativamente più elevati presso Clara NW rispetto alle zone di controllo, confermando quanto osservato nei primi tre anni dall'entrata in produzione della piattaforma (Fabi *et al.*, 2019b).

Anche la Ricchezza specifica presso la piattaforma è risultata significativamente superiore, così come la Diversità specifica, situazione molto comune per le piattaforme estrattive offshore installate sia in Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2004a; 2004b; 2006; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2019a; Spagnolo *et al.*, 2020a) che in altre parti del mondo (Stanley e Wilson, 1990; 1997; Schroeder *et al.*, 1999; Love *et al.*, 2000; Løkkerborg *et al.*, 2002).

Le maggiori abbondanza e biomassa riconducibili a specie ittiche attratte da substrati rocciosi (*S. notata*, *S. porcus*, *S. scrofa*) presso Clara NW, oltre alla maggiore presenza di organismi parzialmente attratti (*B. boops*, *S. japonicus*, *E. cirrhosa* e *P. bogaraveo*), e la preponderanza presso i controlli di specie non attratte, conferma l'influenza da parte delle strutture nei confronti di organismi altrimenti rari o assenti nell'area.

Ai dati di cattura sono stati associati survey acustici eseguiti con MultiBeam Echosounder i quali forniscono informazioni ulteriori circa il popolamento ittico che gravita attorno alle piattaforme offshore sondando interamente la colonna d'acqua e permettendo di individuare anche la presenza di specie piccole e pelagiche che vengono catturate in quantità minore rispetto alla reale abbondanza a causa della selettività e dell'altezza limitata del tipo di rete utilizzata. Infatti, il CNR-IRBIM conduce l'indagine acustica ormai da anni per lo studio del popolamento ittico che gravita attorno alle piattaforme offshore; ciò ha permesso di verificare che durante le ore diurne vi è un'elevata concentrazione di banchi di pesce negli strati d'acqua più vicini al fondo (Punzo *et al.*, 2015, Gaetani *et al.*, 2018), comportamento attribuibile all'etologia delle specie gregarie. Infatti, i banchi nell'arco della giornata compiono migrazioni verticali avvicinandosi agli strati di acqua più profondi nelle ore diurne (periodo in cui viene condotta l'indagine acustica) e risalendo la colonna d'acqua in quelle notturne (periodo in cui avviene il campionamento di pesca). Queste migrazioni verticali sono molto probabilmente legate all'opportunità di procurarsi nutrimento oltre che all'ottimizzazione bioenergetica e alla necessità di trovare riparo dai predatori (Pitcher, 1993; Cardinale *et al.*, 2003). I banchi più grandi sono tendenzialmente attribuibili a specie pelagiche come *Engraulis encrasicolus*, le quali hanno una forte tendenza ad aggregarsi (Iglesias *et al.*, 2003; Tsagarakis *et al.*, 2012). Tali organismi sono di piccole dimensioni e durante i campionamenti di pesca vengono generalmente catturati in quantità minore rispetto alla reale abbondanza a causa della selettività dell'attrezzo utilizzato e del suo posizionamento in prossimità del fondale. In quest'ottica, dunque,

l'indagine acustica tramite MBES può 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 raccolti tramite il sistema MBES nel primo semestre 2019, alle osservazioni fatte sulla base della letteratura e alle riprese tramite telecamera, oltre che ai campionamenti di pesca, si può ipotizzare che i banchi individuati entro 300 m dalla piattaforma e in prossimità del fondale (70-76 m), come i banchi nn. 12 di gennaio, 14 di marzo e 13 di aprile, fossero di specie necto-bentoniche parzialmente attratte come *Trisopterus minutus capelanus* o *Pagellus* spp. I banchi n. 19 di febbraio e n. 13 di aprile, presentando dimensioni notevoli e un grande sviluppo in altezza, sono probabilmente riconducibili a specie pelagiche parzialmente attratte come *Trachurus* spp e *Boops boops*. La presenza di queste specie è confermata dalla riprese subacquee e dai campionamenti di pesca effettuati durante il semestre.

A distanze maggiori dalla struttura Clara NW sono stati rilevati spesso banchi di notevoli dimensioni come ad esempio le aggregazioni n. 5 di gennaio, n. 3 di febbraio, n. 7 di marzo e n. 16 di aprile presumibilmente rappresentate da pelagici non attratti quali *E. encrasicolus* o *Sardina pilchardus*.

**Rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini** - Nel 1° semestre 2019 nell'area circostante la piattaforma Clara NW è avvenuto un solo avvistamento di una tartaruga marina appartenente alla specie *Caretta caretta*, confermando i dati raccolti sin dal pre-survey (ad esclusione delle fasi di installazione e perforazione dei pozzi i cui risultati sono riportati in Leonori *et al.*, 2016), ovvero una scarsa frequentazione dell'area da parte di tursiopi.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Benedetti M., Ciaprini F., Piva F., Onorati F., Fattorini D., Notti A., Ausili A., Regoli F. 2012. A multidisciplinary weight of evidence approach toward polluted sediments: integrating sediment chemistry, bioavailability, biomarkers responses and bioassays. *Environm. Int.*, 38: 17-28.
- Benedetti M., Gorbi S., Fattorini D., D'Errico G., Piva F., Pacitti D., Regoli F. 2014. Environmental hazards from natural hydrocarbons seepage: Integrated classification of risk from sediment chemistry, bioavailability and biomarkers responses in sentinel species. *Environ. Pollut.*, 185: 116-126.
- Bettencourt A., Bricker S.B., Ferreira 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.
- 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.
- Bocchetti R., Virno Lamberti C., Pisanelli B., Razzetti E., Maggi C., Catalano B., Sesta G., Martuccio G., Gabellini M., Regoli F. 2008. Seasonal variations of exposure biomarkers, oxidative stress responses and cell damage in the clams, *Tapes philippinarum*, and mussels, *Mytilus galloprovincialis*, from Adriatic Sea. *Mar. Environ. Res.*, 66: 24-26.
- 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.
- Bouraoui Z., Banni M., Ghedira J., Clerandau C., Narbonne J.F., Boussetta H. 2009. Evaluation of enzymatic biomarkers and lipoperoxidation level in *Hediste diversicolor* exposed to copper and benzo[a]pyrene. *Ecotox. Environ. Safety*, 72: 1893–1898.
- Bouraoui Z., Banni M., Chouba L., Ghedira J., Clerandau C., Jebali J., Narbonne J.F., Boussetta H. 2010. Monitoring pollution in Tunisian coasts using a scale of classification based on biochemical markers in worms *Nereis (Hediste) diversicolor*. *Environ. Monit. Assess.*, 164: 691-700.
- 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.
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake bay institute technique for the winkler dissolved oxygen method. *Lim. Ocean.*, 10(1): 141-143.
- Catalano B., Moltedo G., Martuccio G., Gastaldi L., Virno-Lamberti C., Lauria A., Ausili A. 2012. Can *Hediste diversicolor* (Nereidae, Polychaete) be considered a good candidate in evaluating PAH contamination? A multimarker approach, *Chemosphere*, 86(9): 875-882.
- 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.
- 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.
- Douhri H., Sayah F. 2009. The use of enzymatic biomarkers in two marine invertebrates *Nereis diversicolor* and *Patella vulgata* for the biomonitoring of Tangier's bay (Morocco). *Ecotox. Environ. Safety*, 72(2): 394-399.
- Durou C., Poirier L., Amiard J-C., Budzinski H., Gnassia-Barelli M., Lemenach K., Peluhet L., Mouneyrac C., Roméo M., Amiard-Triquet C. 2007. Biomonitoring in a clean and a multi-contaminated estuary based on biomarkers and chemical analyses in the endobenthic worm *Nereis diversicolor*. *Environ. Pollut.*, 148(2): 445-458.
- Etiopio, G., Panieri, G., Fattorini, D., Regoli, F., Vannoli, P., Italiano, F., Locritani, M., Carmisciano, C. 2014. A thermogenic hydrocarbon seep in shallow Adriatic Sea (Italy): Gas origin, sediment contamination and benthic foraminifer. *Mar. Petroleum Geol.*, 57: 283-293.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Grati F., Puletti M., Scarcella G. 2004b. Effects on fish community induced by the installation of two gas platforms (Adriatic sea). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 273: 187-197.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”*. Rapporto conclusivo di due anni di indagine. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi, G., Ausili, S., Campanelli, A., De Biasi, A., Fornasiero, P., Grati, F., Grilli, F., Marini, M., Panfili, M., Paschini, E., Puletti, M., Scarcella, G., Spagnolo, A. 2005c. Evaluation of the ecological impact of gas platforms in the Adriatic Sea. Pagg. 127-139, in: Libro de Ponencias II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Marina e Oceanos III Millennium Tomo I. Editorial C.P.D, Madrid.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.



- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + XLVI pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015a. *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., 2016a. *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. 2017a. *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., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Montagnini L., Scanu M., Tasseti A.N. 2019a. *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.
- 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. 2019b. *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 – dicembre 2018). Rapporto n. 12*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 263 + LIII pp.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés*. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organizations. Rome, FAO. 760 pp.
- 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.
- Galloway T., Lewis C., Dolciotti I., Johnston B.D., Moger J., Regoli F. 2010. Sublethal toxicity of nano-titanium dioxide and carbon nanotubes in a sediment dwelling marine polychaetes. *Environ. Pollut.*, 158(5): 1748-1755.
- Gomiero A., Strafella P., Pellini G., Salvalaggio V., Fabi G. 2018. Comparative Effects of Ingested PVC Micro Particles With and Without Adsorbed Benzo(a)pyrene vs. Spiked Sediments on the Cellular and Sub Cellular Processes of the Benthic Organism *Hediste diversicolor*. *Front. Mar. Sci.*, 99.
- 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.
- Gorbi S., Bocchetti R., Binelli A., Bacchiocchi S., Orletti R., Nanetti L., Raffaelli F., Virgini A., Accoroni S., Regoli F. 2012. Biological effects of palytoxin-like compounds from *Ostreopsis cf. ovata*: A multibiomarkers approach with mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Chemosphere*, 89: 623-632.

- Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.
- ICES. 2015. *Techniques in Marine Environmental Sciences. Lysosomal membrane stability in mussels* No. 56.
- 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.
- Khoo K.H., Culberson C.H., Bates R.G. 1977. Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *J. Solution Chem.*, 6(4): 281–290.
- Leonor I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Clara NW*. Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 140 pp.
- Løkkeborg S., Humborstad O. B., Jorgensen T., Soldal A.V. 2002. Spatio-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platform. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 294–299.
- Losso C., Picone M., Arizzi Novelli A., Delaney E., Ghetti P.F., Volpi Ghirardini A. 2007. Developing toxicity scores for embryotoxicity tests on elutriates with the sea urchin *Paracentrotus lividus*, the oyster *Crassostrea gigas* and the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53: 220–226.
- Love, M. S., Caselle J., Snook L. 2000. Fish assemblages around seven oil platforms in the Santa Barbara Channel area. *Fish. Bull.*, 98: 96–117.
- Lowe D.M., Pipe R.K. 1994. Contaminant induced lysosomal membrane damage in marine mussel digestive cells: an in vitro study. *Aquatic Toxicol.*, 30(4): 357–365.
- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193(1): 265–75.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- Perez E., Blasco J., Solè M. 2004. Biomarker responses to pollution in two invertebrate species: *Scrobicularia plana* and *Nereis diversicolor* from the Cadiz bay (SW Spain), *Mar. Environ. Res.*, 58: 275–279.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York. 424 pp.
- Pisanelli B., Benedetti M., Fattorini D., Regoli F. 2009. Seasonal and inter-annual variability of DNA integrity in mussels *Mytilus galloprovincialis*: A possible role for natural fluctuations of trace metal concentrations and oxidative biomarkers. *Chemosphere*, 77(11): 1551-1557.
- Pitcher T.J. 1986. *Behaviour of teleost fishes*. Fish and Fisheries Series 7. second ed. Chapman & Hall, London: 363-439
- Punzo E., Malaspina S., Domenichetti F., Polidori P., Scarcella G., Fabi G. 2015. Fish detection around offshore artificial structures: preliminary results from hydroacoustics and fishing surveys. *J. Ap. Ichth.*, 31(S3):48-59.
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 2010. Ossigeno disciolto. Pagg. 21-32, in: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), *Metodologie di studio del Plancton marino*. Manuali e Linee Guida 56/2010, ISPRA, SIBM Roma.
- 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.
- 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.
- Shaw J.P., Large A.T., Donkin P., Evans S.V., Staff F.J., Livingstone D.R., Chipman J.K. 2004. Seasonal variation in cytochrome P450 in immunopositive protein levels, lipid peroxidation and genetic toxicity in digestive gland of the mussel *Mytilus edulis*. *Aquatic Toxicol.*, 67: 325-336.
- 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.
- Solé M., Kopecka-Pilarczyk J., Blasco J. 2009. Pollution biomarkers in two estuarine invertebrates, *Nereis diversicolor* and *Scrobicularia plana*, from a Marsh ecosystem in SW Spain. *Environ. Intern.*, 35(3): 523-531.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 16*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 292 + CLXX pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 4° anno (2019). Rapporto n. 11*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 184 + lvii pp.
- Stanley D.R., Wilson C.A. 1990. A fishery-dependent based study of fish species composition and associated catch rates around oil and gas structures off Louisiana. *Fish. Bull.*, 88: 719-730.
- Stanley D.R., Wilson C.A. 1997. Seasonal and spatial variation in the abundance and size distribution of fishes associated with a petroleum platform in the northern gulf of Mexico. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 1166-1176.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- Teixeira H., Salas F., Pardal M.A., Marques J.C. 2007. Applicability of ecological evaluation tools in

- estuarine ecosystem: a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.
- Totti C., Civitarese G., Acri F., Barletta D., Candelari G., Paschini E., Solazzi A., 2000. Seasonal variability of phytoplankton populations in the middle Adriatic sub-basin. *J. Plank. Res.*, 22(9): 1735–1756.
- 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. Prog. Series*, 446: 243–258.
- Trabucco, B., Cicero, A.M., Gabellini, M., Virno Lamberti, C., Di Mento, R., Bacci, T., Moltedo, G., Tomassetti, P., Panfili, M., Marusso, V., Cornello, M., 2006. Studio del popolamento macrozoobentonico di fondo mobile in prossimità di una piattaforma offshore (Adriatico centrale). *Biol. Mar. Medit.*, 13: 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. Studio della macrofauna attorno alle piattaforme off-shore in Adriatico centrale. *Biol. Mar. Medit.*, 15: 141-143.
- 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.
- Viarengo A., Ponzano E., Dondero F., Fabbri R. 1997. A simple spectrophotometric method for metallothionein evaluation in marine organisms: an application to Mediterranean and Antarctic molluscs. *Mar. Environ. Res.*, 44: 69-84.
- 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.
- Whitfield M. 1974. The hydrolysis of ammonium ions in seawater - a theoretical study. *J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*, 54: 565-580.
- 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: 227-26.
- 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.



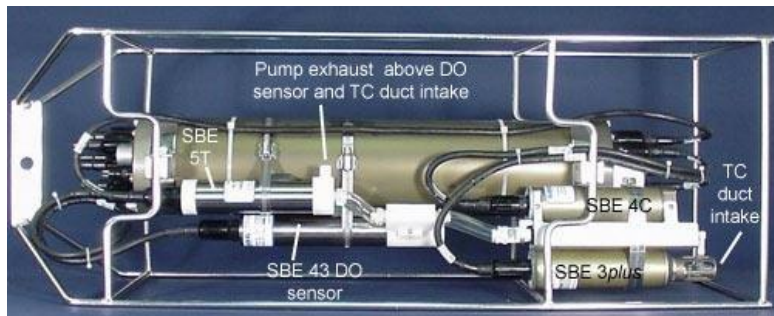
# ALLEGATO A

## STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

### INDAGINI

# A1 INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

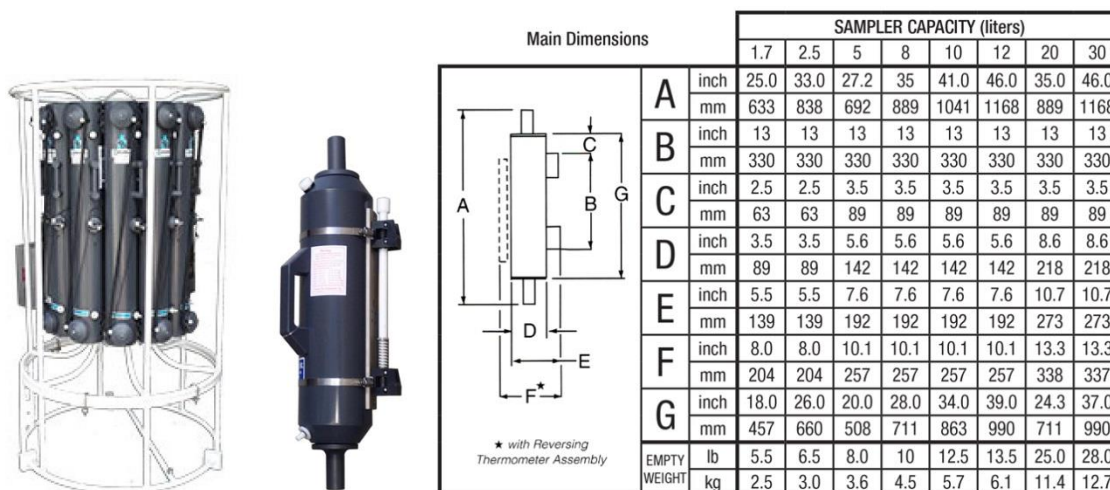
## A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e "ROSETTE"



CTD: Sonda multiparametrica CTD SBE 9plus dotata dei seguenti sensori:

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Data ultima calibrazione
Temperatura	Sea Bird Electronics	SBE 3 plus	$\pm 0,001 \text{ } ^\circ\text{C}$	-5 : +35 $^\circ\text{C}$	21/05/2019
Conducibilit�	Sea Bird Electronics	SBE 4C	$\pm 0,0003 \text{ S m}^{-1}$	0 : 7 $\text{S m}^{-1}$	21/05/2019
Pressione	Paroscientific Digiquartz®	Series 8000	$\pm 0,01 \text{ \% Fondo Scala}$	0: 6800 m	15/04/2009
Ossigeno	Sea Bird Electronics	SBE 43	$\pm 2\% \text{ saturazione}$	120% saturazione in superficie	Calibrazione con Winkler ad ogni campagna
Fluorimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	$\pm 0,01 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$	0 : 50 $\mu\text{g L}^{-1}$	Calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Turbidimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	$\pm 0,01 \text{ NTU}$	0 : 25 NTU	Calibrazione con campioni di TSM ad ogni campagna

**Campionatore:** SBE32 Carousel Water Sampler ("rosette") con bottiglie OTE (Ocean Test Equipment), mod. 110B.



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



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

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

## A1-III OSSIGENO DISCIOLTO

### Titolatore automatico Mettler Toledo T50 per la misura dell'ossigeno disciolto tramite il metodo di Winkler



#### Potenzialità analitiche

<b>Tipi di titolazione</b>	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
<b>Modi di titolazione</b>	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
<b>Tipi di indicazione</b>	Elettrochimica (potenziometria, voltammetria, amperometria) fotometrica, turbidimetrica, conduttimetrica.
<b>Dosaggio reagente</b>	Aggiunta dinamica, incrementale, continua
<b>Acquisizione dati</b>	Equilibrio e tempo fisso
<b>Valutazione</b>	Curve simmetriche, asimmetriche, segmentate, minimo, massimo, pK
<b>Calcolo</b>	Formule liberamente definibili, con funzioni logaritmiche, esponenziali, funzioni matematiche
<b>Misure</b>	pH e temperatura Conducibilità con compensazione temperatura Potenziale redox Iono-selettive dirette e con aggiunte standard Funzionalità "test sensore" integrata

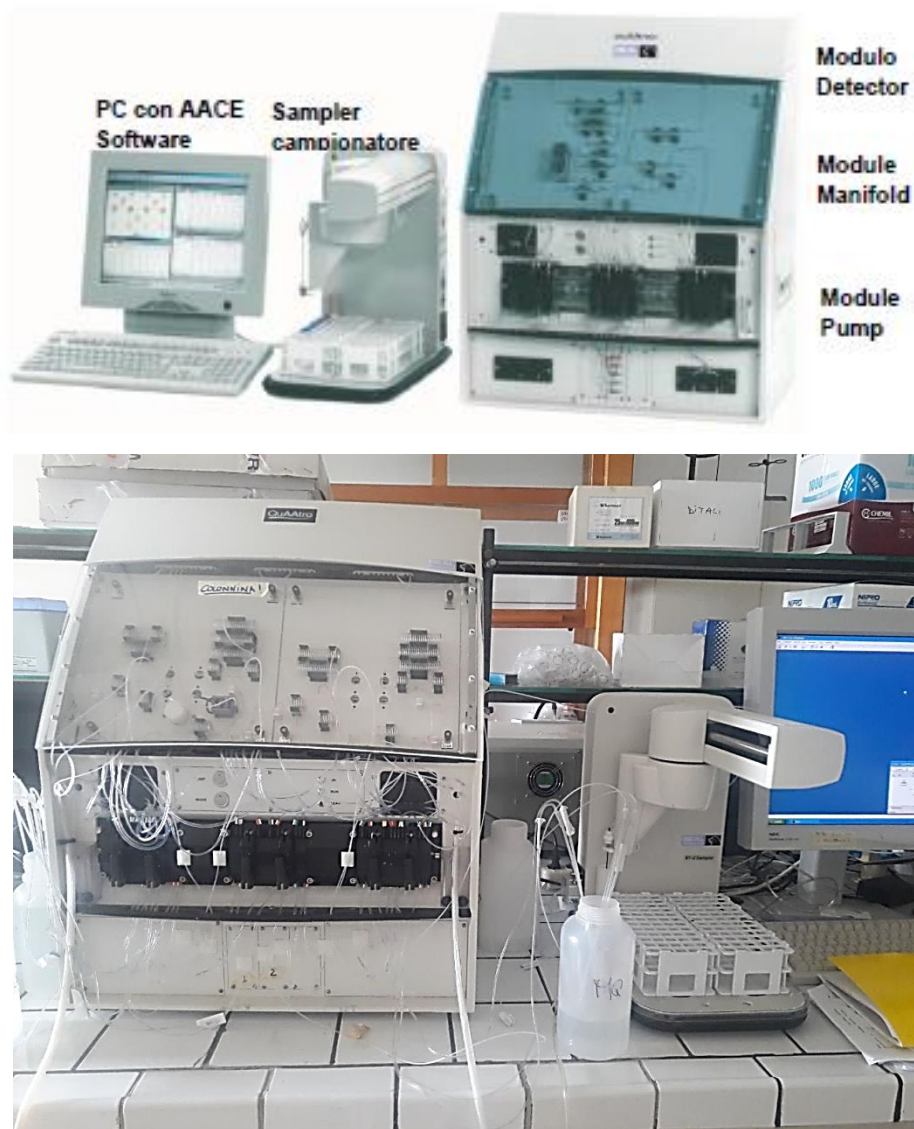
#### Panoramica delle principali funzioni

<b>One Click™ Titration</b>	Tasti di scelta rapida per ciascun utente	12
	Numero utenti	30
<b>Funzione Plug &amp; Play</b>	Riconoscimento automatico buretta	si
	Elettrodi	si
	Motore buretta	si
	Chiavetta USB	si, per metodi/risultati
	Scambiatore di campioni Rondo	si
	Stativo di titolazione autom. Rondolino	si
<b>Motori per burette</b>	Per titolazione	1 interno
	Per dosaggio	3 esterni
	Risoluzione motore buretta	1/20.000 volume buretta
	Volimi burette intercambiabili	1, 5, 10 e 20 mL
<b>Metodi e serie</b>	Titolazione auto-apprendimento	si
	Numero di campioni per serie	120
	Metodi METTLER TOLEDO predefiniti	> 30
	Numero max. metodi	120
<b>Ingressi sensore</b>	Potenziometrico	2
	Polarizzato	1
	Riferimento	1
	Temperatura PT1000	1
	Conducibilità	1 opzionale
<b>Interfacce</b>	Ethernet	1
	COM	3
	USB host	1
	USB client	1
	Bus CAN	si
	Pompa/agitatore Solvent Manager™	3
	TTL I/O	1
<b>Terminale</b>	Controllo	Touch Screen
	Schermo	Display TFT a colori 5.7" ¼ VGA
	Risoluzione	320 x 240 pixel
	Inclinazione	Regolabile in tre posizioni



## A1-IV NUTRIENTI

**Analizzatore a flusso continuo (continuous-flow analysis CFA) a quattro canali  
'QuAAtro, Seal Analytical'**



QuAAtro è un moderno analizzatore a chimica umida che è utilizzato per automatizzare reazioni chimiche complesse.

<b>Modello</b>	QuAAtro
<b>Produttore</b>	Seal Analytical
<b>Campioni analizzabili</b>	acqua di mare, acqua dolce, estratti di suolo, bevande o altri prodotti
<b>Principio</b>	flusso continuo segmentato, campioni mescolati ai reagenti in flusso continuo e segmentati e separati da bolle d'aria
<b>Componenti</b>	campionatore, pompa, modulo manifold e modulo detector
<b>Software di controllo</b>	AACE

## A1-V HPLC

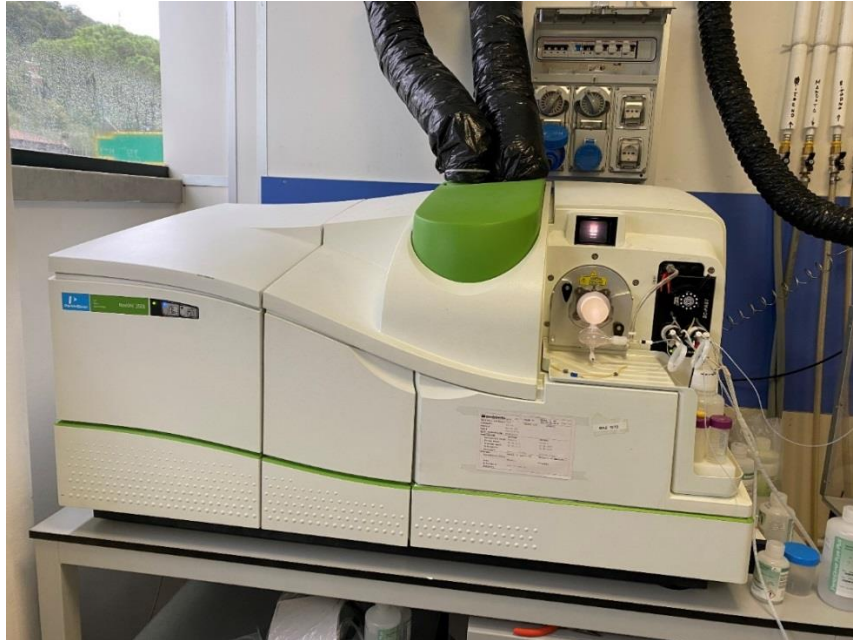
### High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



<b>Modulo</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Caratteristiche</b>
Agilent 1100 Vacuum Degasser	Agilent	G 1379A	Degasatore
Agilent 1100 Series Quaternary Pump	Agilent	G 1311A	Pompa quaternaria
Agilent 1100 Thermostated Column Compartment	Agilent	G 1316A	Termostato per colonna
Agilent 1100 Series DAD	Agilent	G 1315B	Rivelatore ad array di diodi
Agilent 1100 Series Fluorescence Detector	Agilent	G 1321A	Rivelatore di fluorescenza

## **A1-VI ANALISI METALLI PESANTI**

**Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X**

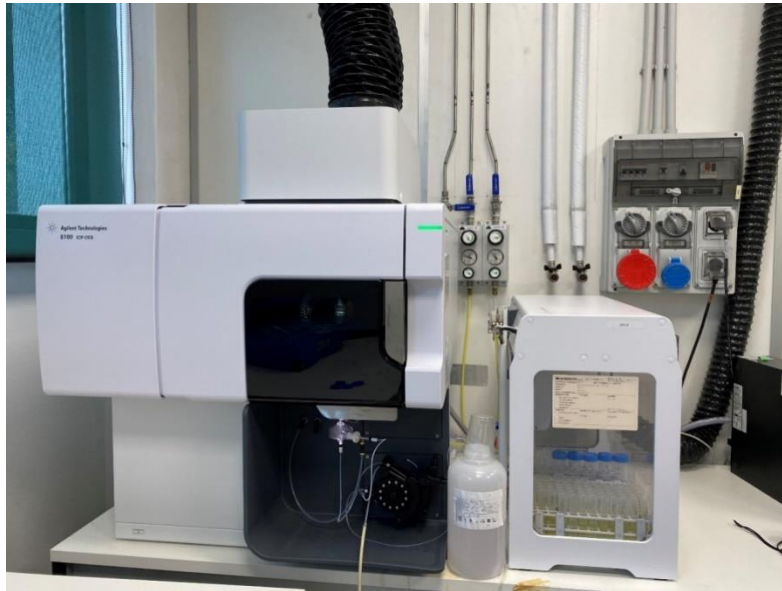


**Autocampionatore MASN8140044 ESI**



## **A1-VII ANALISI SILICIO**

**Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV**



## **A1-VIII ANALISI BTEX**

**Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B**



## A1-IX IDROCARBURI TOTALI

**Frazione volatile - Agilent, con autocampionatore G4513A e colonna cromatografica ZB-5HT**



**Frazione estraibile - Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B e colonna cromatografica DB-624**



## **A1-X IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)**

**Agilent G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C e colonna cromatografica DB-EUPAH**



## A2

# INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

## A2-I BOX-CORER



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

## A2-II BILANCIA ELETTRONICA



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

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

### **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**

### **Misurazione di 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**

### **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**

**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**

**Misurazione di INDIO**



## **A2-XII Spettrometro di emissione a plasma Agilent 5110 VDV**

**Estrazione sequenziale dei metalli**



### A3

## INDAGINI SULLA COMUNITA' BENTONICA

### A3-I BENNA VAN VEEN



Materiale	superficie di sedimento campionata (m <sup>2</sup> )
Acciaio	0,095

### A3-II SETACCIO



Materiale	Lato maglia (mm)
Acciaio inox	0,5

### **A3-III MICROSCOPIO STEREO ZEISS STEMI 2000-C**



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

### **A3-IV MICROSCOPIO OTTICO ZEISS AXIOLAB**



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

## **A3-V BILANCIA ANALITICA**

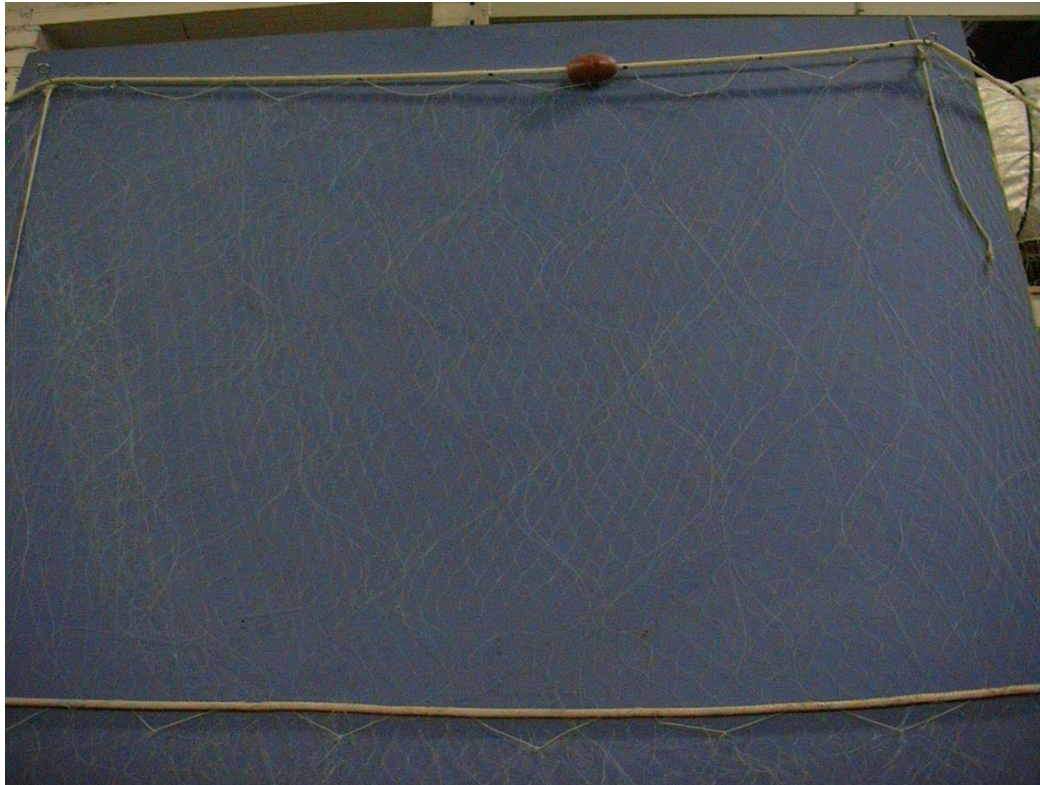


Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Capacità
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

## A4

# INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

## A4-I RETE TREMAGLIO



Lunghezza totale:300 m

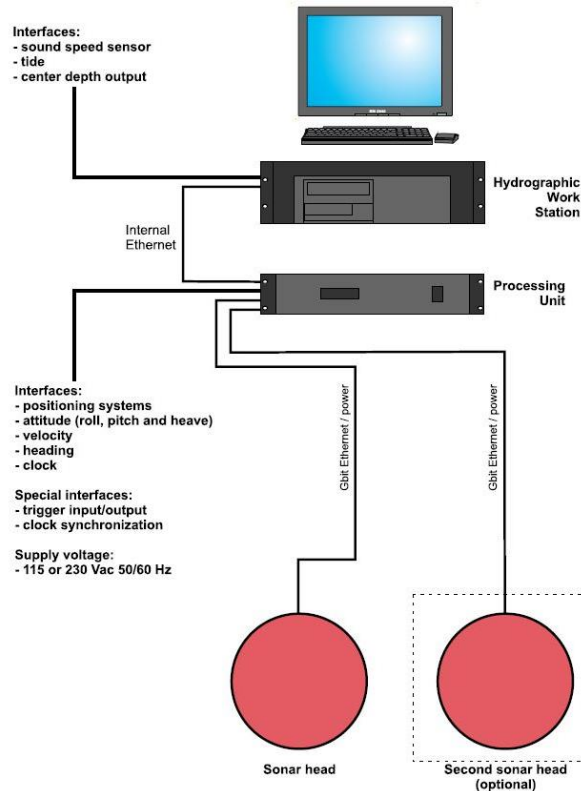
	<b>Pannello interno</b>	<b>Pannello esterno</b>
materiale	Monofilamento di poliammide	Monofilamento di poliammide
altezza (m)	6	3
apertura maglia stirata (mm)	72	400
diametro filo (mm)	0,18	0,30
rapporto di armamento	0,35	0,50

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



## A4-II MULTIBEAM ECHOSOUNDER KONGSBERG EM 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 1 degrees
• TX source level at 300 kHz:	204.5 dB re 1 $\mu$ Pa at 1 m
• RX beam spacing:	Equidistant, equiangle and high density
• Coverage sector (dual head):	200 degrees at 200 – 320 kHz,
• Coverage sector (dual head):	170 degrees at 350 kHz,
• Coverage sector (dual head):	140 degrees at 400 kHz
• Transmit beam steering:	Stabilised for pitch (+/- 10 degrees)
• Receive beam steering:	Stabilised for roll (+/- 15 degrees)
• Range resolution (defined as $cT/2$ ):	18.8 mm at 25 $\mu$ s pulse
• Roll stabilised beams:	+/-15 degrees
• Pitch stabilised beams:	+/-10 degrees
• Yaw stabilised beams:	+/-10 degrees
• Pulse length:	14 $\mu$ s -12ms
• System accuracy:	better than 10 mm
• Depth resolution	1 cm
• Transducer geometry	Mills cross

#### External sensors

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

#### Environmental and EMC specifications

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

## A4-III QUASI STELLAR COLOR



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

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

## A5

# INDAGINI IN *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

## A5-I IDROCARBURI TOTALI

Frazione volatile - Agilent, con autocampionatore G4513A e colonna cromatografica ZB-5HT



## Sistema Automated Soxhlet Extraction



**Frazione estraibile - Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B e colonna cromatografica DB-624**



## **A5-II IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)**

**Agilent G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C e colonna cromatografica DB-EUPAH**

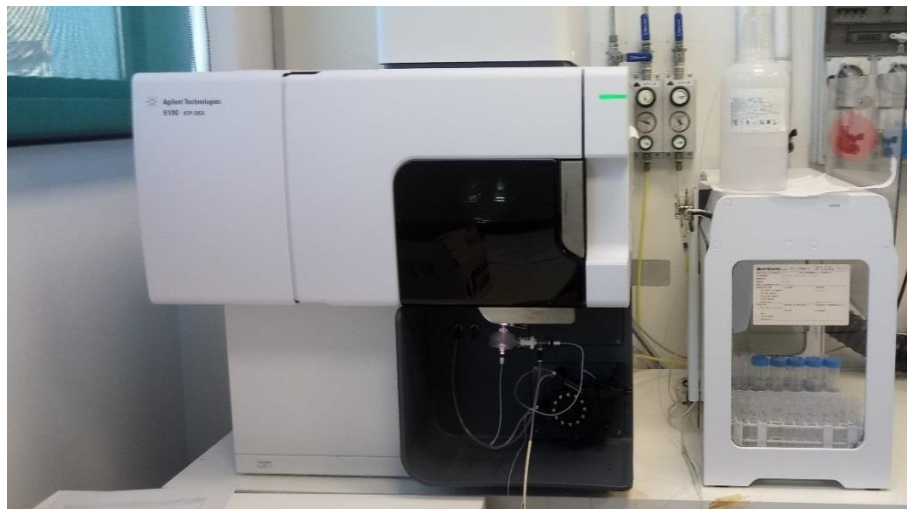


## **A5-III ANALISI METALLI PESANTI**

**ICP-MS Perkin elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT**



**Spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4**



## **A5-IV CONGELATORI -80°C (conservazione tessuti biologici)**

**Ultra-congelatori Angelantoni modelli Polar 530 V e Platilab 500**



## **A5-V FRIGORIFERO +4°C (per esecuzione test Sopravvivenza in aria)**

**Frigorifero modello Elettrolux CT 280**



## **A5-VI MICROSCOPIO OTTICO CON LAMPADA FLUORESCENZA**

**Microscopio OLYMPUS BX51 con lampada a fluorescenza dotato di Telecamera Q Imaging 1394 Fast per acquisizione e software Image pro Plus 6.2 per analisi di immagine**



## **A5-VII CRIOSTATO Leica**

**Criostato LEICA CM1510-1 per preparazione sezioni istologiche**





## **A5-VIII SISTEMA DI PRODUZIONE DI ACQUA DEIONIZZATA E ULTRAPURA**

**Sistema per produzione acqua deionizzata ed ultrapura ELGA PureLab Option R- PureLab Flex**



## **A5-IX ULTRACENTRIFUGA BECKMAN**

**Ultracentrifuga Beckman modello Optima MAX-XP velocità max 150000 rpm**



## **A5-X SPETTROFOTOMETRO UV-VIS**

**Spettrofotometro VARIAN Cary 100 UV-VIS (190-900 nm) con sistema di controllo della temperatura**



## **A5-XI CENTRIFUGA DA BANCO**

**Centrifuga da banco modello Eppendorf Mini spin**



### **A5-XII CENTRIFUGA DA BANCO**

Centrifuga da banco Thermo Scientific modello Megafuge 16 R, velocità di centrifugazione 300-15200rpm



### **A5-XIII SUPERCENTRIFUGA J2-21 Beckman**

Supercentrifuga da terra modello Beckman J2-21 velocità di centrifugazione 500-21000 rpm



## **A5-XIV REAL TIME PCR**

**Real Time PCR** Applied biosystem, modello StepOnePlus AB



# ALLEGATO B

## SCHEDE GRANULOMETRICHE

### DEI SITI POSTI LUNGO I TRANSETTI A e B e DEI

### CONTROLLI K1 - K4

### 7° SURVEY POST LAVORI (INVERNO 2019)



## Stazione A1 (250 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	55,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,02
Mediana	Md	5,62
Classazione	σ	2,85
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,13
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,89

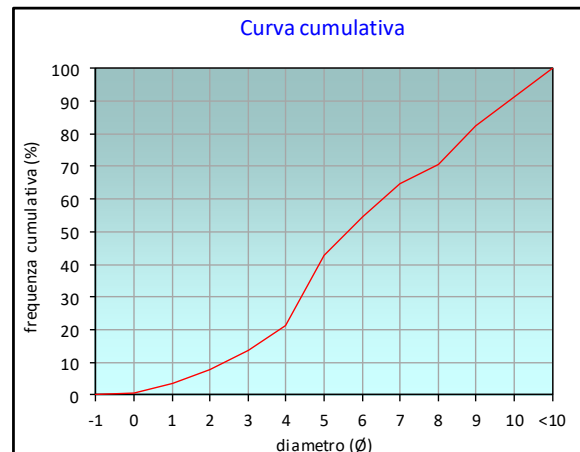
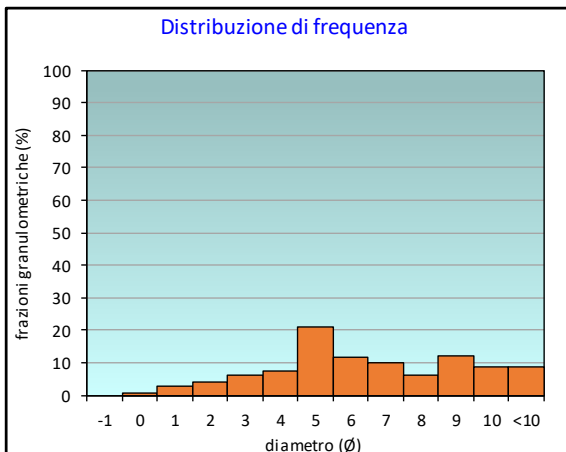
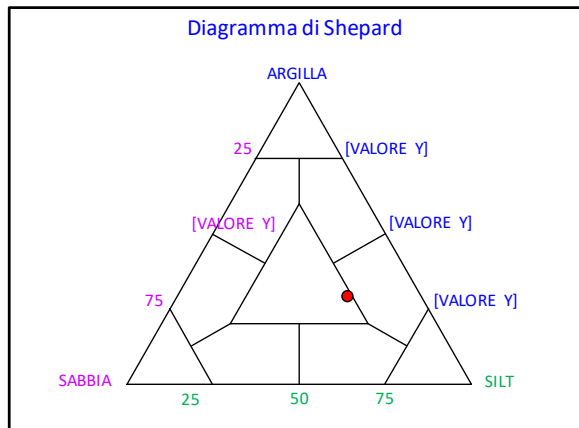
PERCENTILE	φ
5	1,32
16	3,28
25	4,17
50	5,62
75	8,36
84	9,16
95	10,43

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	2,9	3,7
	2	250	4,2	7,8
	3	125	6,0	13,9
	4	62,5	7,5	21,4
LIMO	5	31,2	21,3	42,7
	6	15,6	11,8	54,5
	7	7,8	10,1	64,6
	8	3,9	6,0	70,6
ARGILLA	9	2	12,0	82,6
	10	0,98	8,7	91,3
	<10	<0,98	8,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	21,4	49,2	29,4

NOTE
n.d.

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



### Stazione A2 (120 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	55,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,06
Mediana	Md	5,56
Classazione	σ	2,92
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,17
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,87

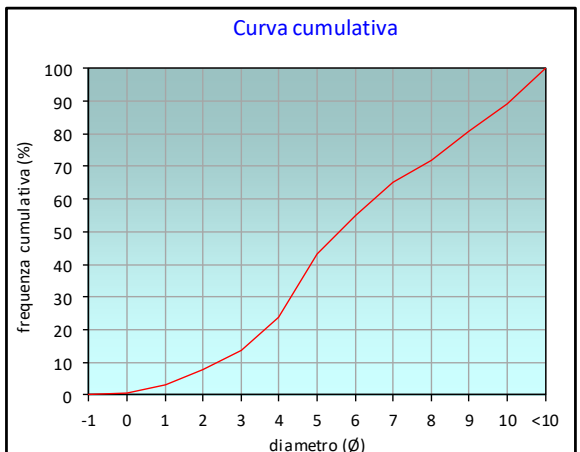
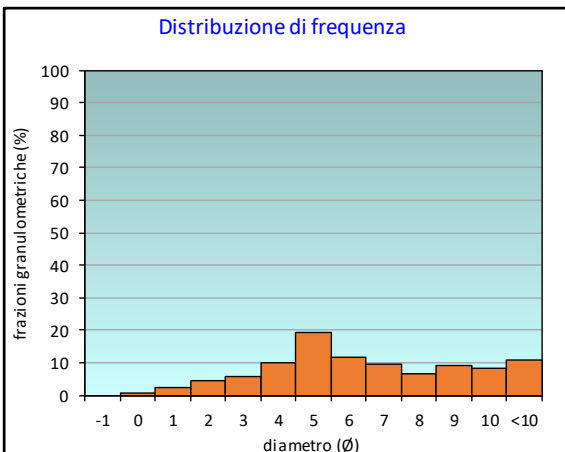
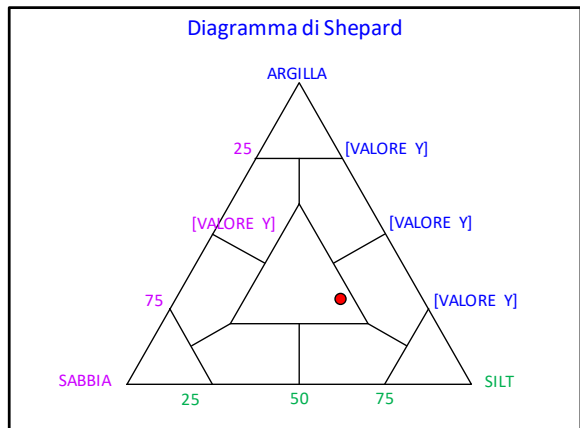
PERCENTILE	φ
5	1,42
16	3,23
25	4,06
50	5,56
75	8,35
84	9,37
95	10,54

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,6	0,6
SABBIA	1	500	2,5	3,0
	2	250	4,6	7,7
	3	125	5,9	13,6
	4	62,5	10,2	23,9
LIMO	5	31,2	19,4	43,3
	6	15,6	11,9	55,2
	7	7,8	9,8	65,0
	8	3,9	6,8	71,8
ARGILLA	9	2	9,1	80,9
	10	0,98	8,2	89,1
	<10	<0,98	10,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	23,9	48,0	28,2

NOTE
n.d.

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



### Stazione A3 (60 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	54,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,24
Mediana	Md	6,04
Classazione	σ	2,92
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,03
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,88

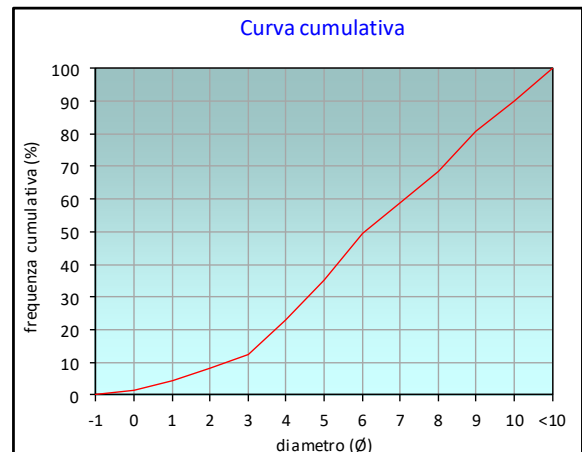
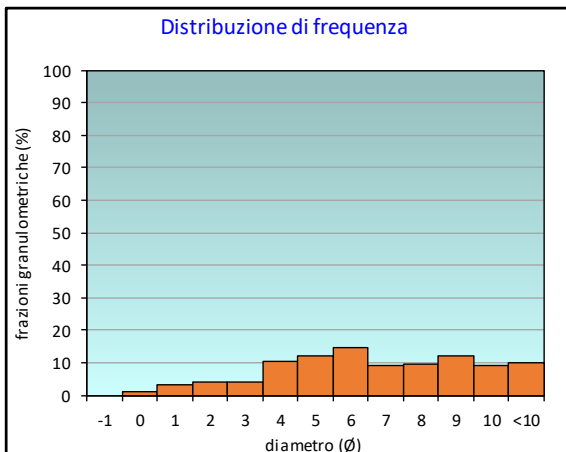
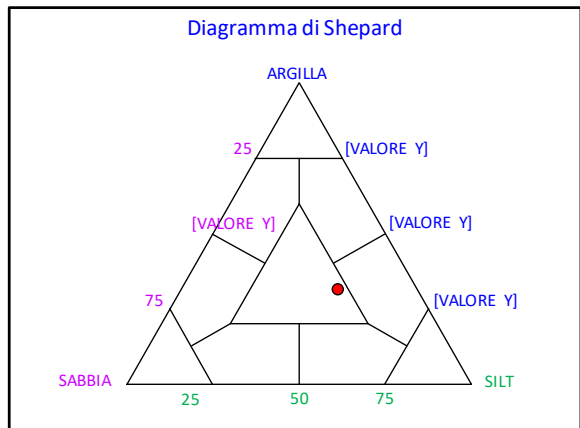
PERCENTILE	φ
5	1,17
16	3,33
25	4,16
50	6,04
75	8,53
84	9,35
95	10,50

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,2	1,2
SABBIA	1	500	3,1	4,3
	2	250	3,9	8,3
	3	125	4,2	12,5
	4	62,5	10,6	23,0
LIMO	5	31,2	12,1	35,2
	6	15,6	14,5	49,7
	7	7,8	9,0	58,7
	8	3,9	9,7	68,4
ARGILLA	9	2	12,3	80,7
	10	0,98	9,2	90,0
	<10	<0,98	10,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	23,0	45,4	31,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica





## Stazione A4 (30 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	52,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,06
Mediana	Md	5,68
Classazione	σ	2,97
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,10
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,97

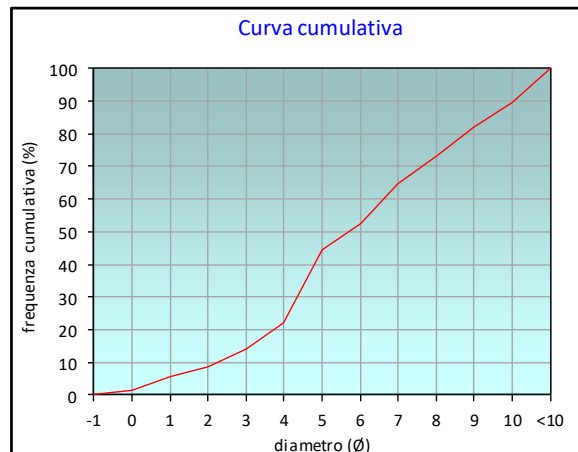
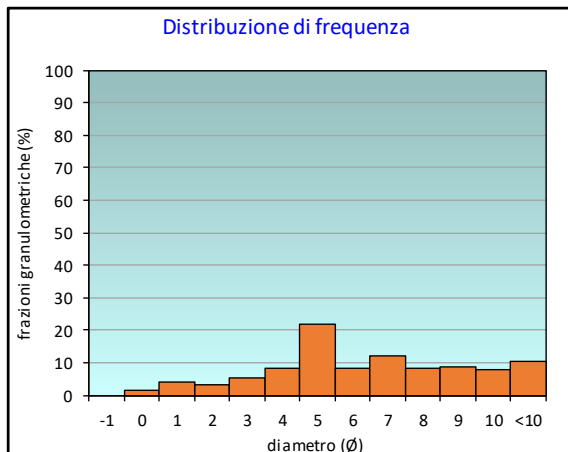
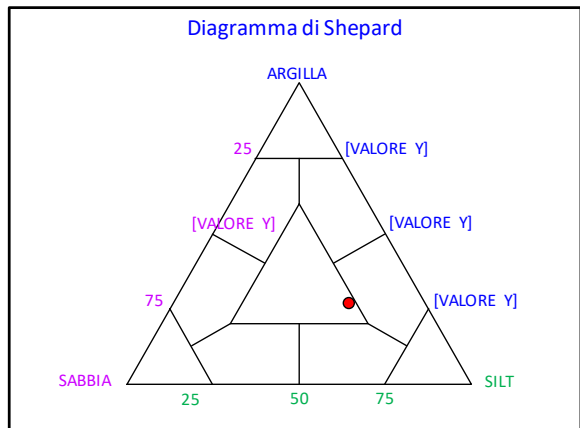
PERCENTILE	φ
5	0,88
16	3,24
25	4,12
50	5,68
75	8,19
84	9,26
95	10,52

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,5	1,5
SABBIA	1	500	4,0	5,5
	2	250	3,0	8,5
	3	125	5,5	14,0
	4	62,5	8,3	22,3
LIMO	5	31,2	22,0	44,4
	6	15,6	8,3	52,6
	7	7,8	12,2	64,8
	8	3,9	8,5	73,3
ARGILLA	9	2	8,6	82,0
	10	0,98	7,7	89,7
	<10	<0,98	10,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	22,3	51,0	26,7

NOTE
0,15 gr di resti conchigliari sui 2000 μm

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



## Stazione CL NW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	49,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,25
Mediana	Md	5,80
Classazione	σ	2,79
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,17
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,82

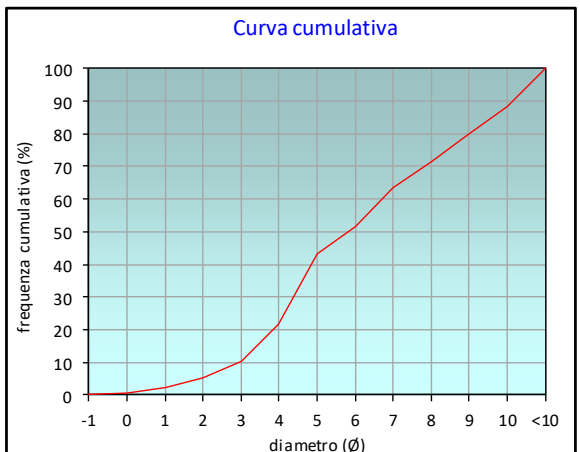
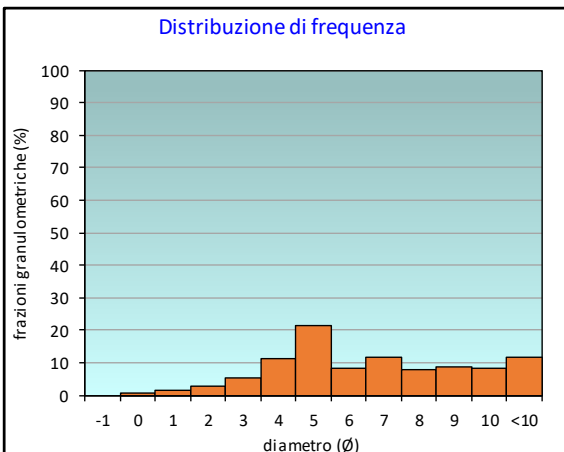
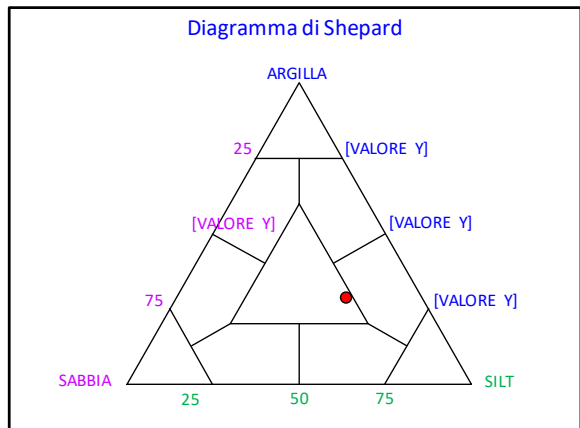
PERCENTILE	φ
5	1,99
16	3,49
25	4,15
50	5,80
75	8,42
84	9,47
95	10,57

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	1,7	2,4
	2	250	2,7	5,0
	3	125	5,3	10,3
	4	62,5	11,5	21,8
LIMO	5	31,2	21,6	43,4
	6	15,6	8,3	51,7
	7	7,8	11,7	63,3
	8	3,9	8,0	71,3
ARGILLA	9	2	8,8	80,1
	10	0,98	8,4	88,5
	<10	<0,98	11,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	21,8	49,5	28,7

NOTE
0,53 gr di resti conchigliari sui 2000 μm

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



## Stazione CL SE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	48,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,48
Mediana	Md	6,41
Classazione	σ	2,97
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,00
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,76

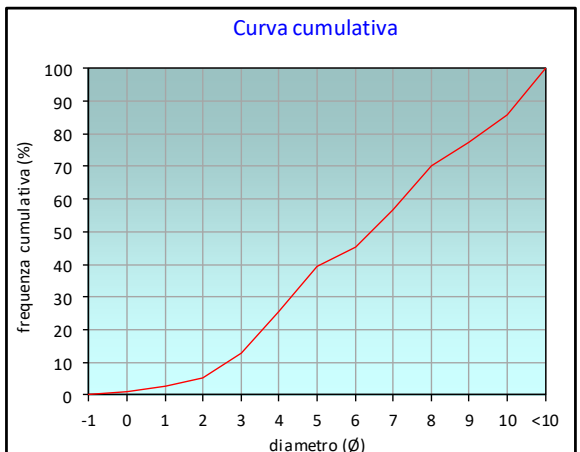
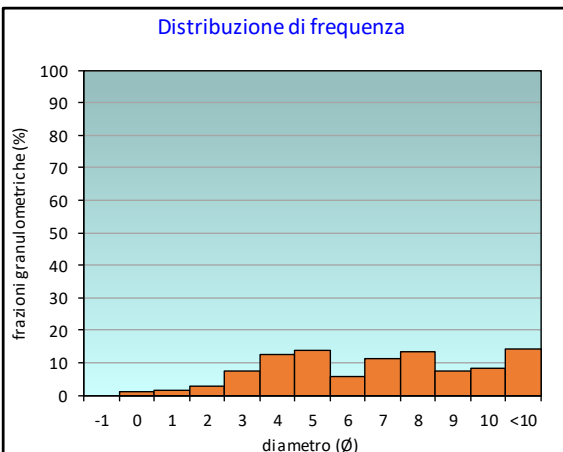
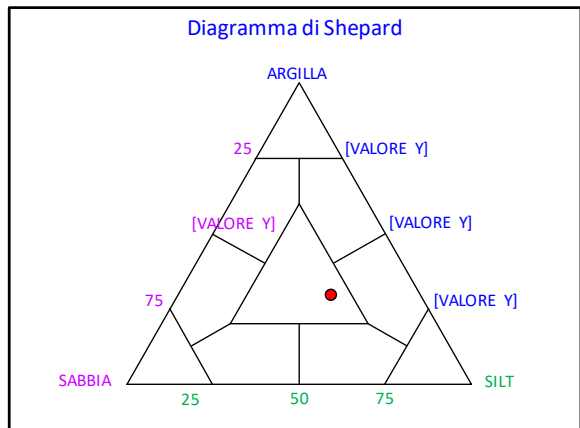
PERCENTILE	φ
5	1,86
16	3,24
25	3,95
50	6,41
75	8,66
84	9,80
95	10,65

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,0	1,0
SABBIA	1	500	1,5	2,5
	2	250	2,9	5,4
	3	125	7,6	13,0
	4	62,5	12,7	25,7
LIMO	5	31,2	13,8	39,5
	6	15,6	5,8	45,3
	7	7,8	11,3	56,6
	8	3,9	13,6	70,2
ARGILLA	9	2	7,3	77,5
	10	0,98	8,2	85,7
	<10	<0,98	14,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	25,7	44,5	29,8

NOTE
0,99 gr di resti conchigliari sui 2000 μm

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



### Stazione A5 (30 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	54,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,93
Mediana	Md	5,64
Classazione	σ	2,88
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,10
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,92

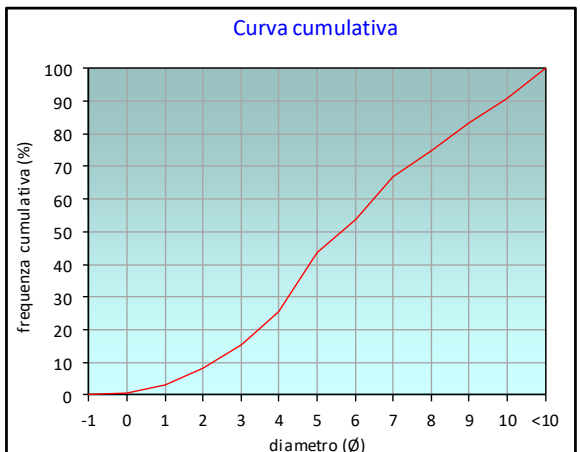
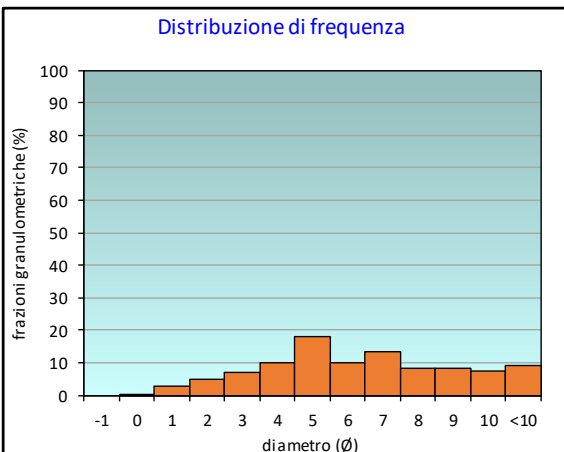
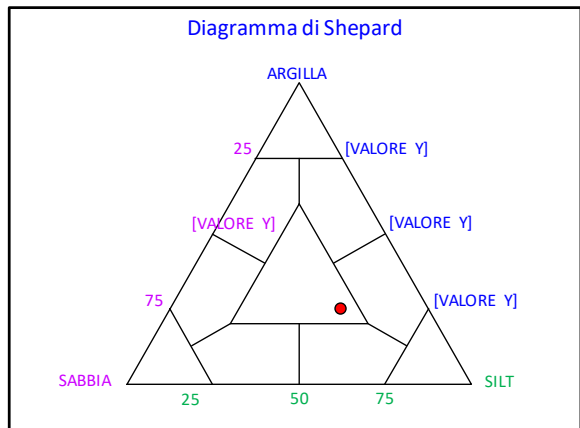
PERCENTILE	φ
5	1,39
16	3,07
25	3,95
50	5,64
75	8,00
84	9,08
95	10,46

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	2,6	3,0
	2	250	5,0	8,1
	3	125	7,2	15,3
	4	62,5	10,2	25,5
LIMO	5	31,2	18,2	43,7
	6	15,6	10,0	53,6
	7	7,8	13,2	66,8
	8	3,9	8,1	75,0
ARGILLA	9	2	8,4	83,4
	10	0,98	7,4	90,7
	<10	<0,98	9,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	25,5	49,5	25,0

NOTE
n.d.

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



### Stazione A6 (60 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	50,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,96
Mediana	Md	5,32
Classazione	σ	2,81
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,25
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,82

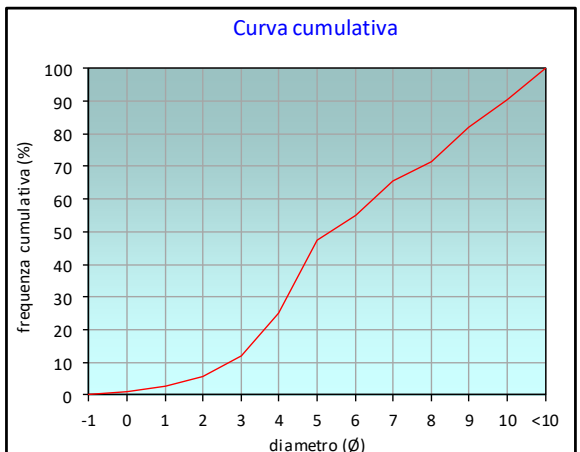
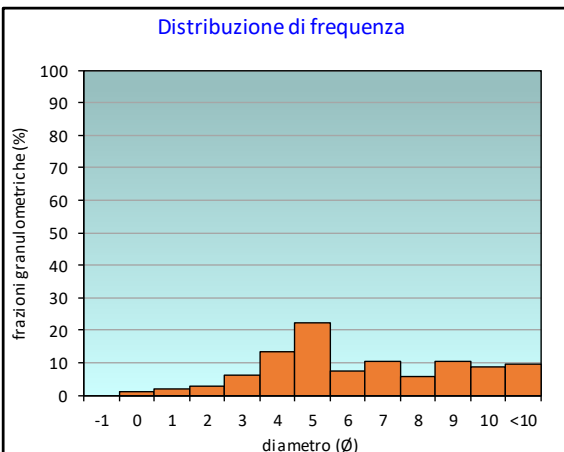
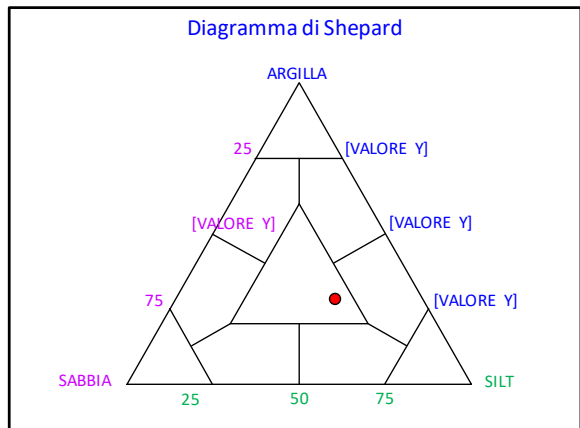
PERCENTILE	φ
5	1,72
16	3,30
25	3,98
50	5,32
75	8,34
84	9,24
95	10,47

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,9	0,9
SABBIA	1	500	1,9	2,8
	2	250	3,0	5,8
	3	125	6,1	12,0
	4	62,5	13,2	25,2
LIMO	5	31,2	22,4	47,6
	6	15,6	7,6	55,1
	7	7,8	10,5	65,7
	8	3,9	5,8	71,5
ARGILLA	9	2	10,4	81,9
	10	0,98	8,6	90,6
	<10	<0,98	9,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	25,2	46,3	28,5

NOTE
n.d.

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



### Stazione A7 (120 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	55,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,01
Mediana	Md	5,51
Classazione	σ	2,74
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,18
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,92

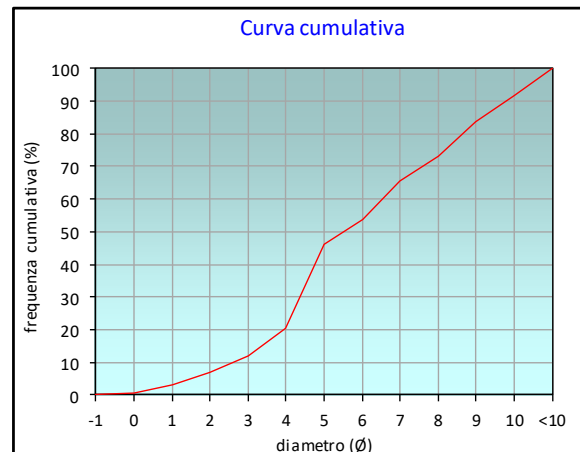
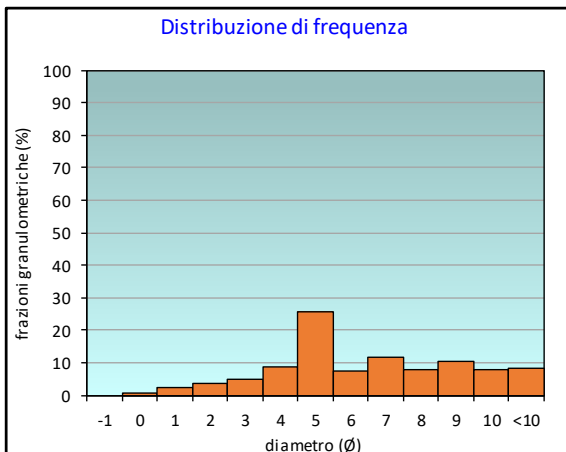
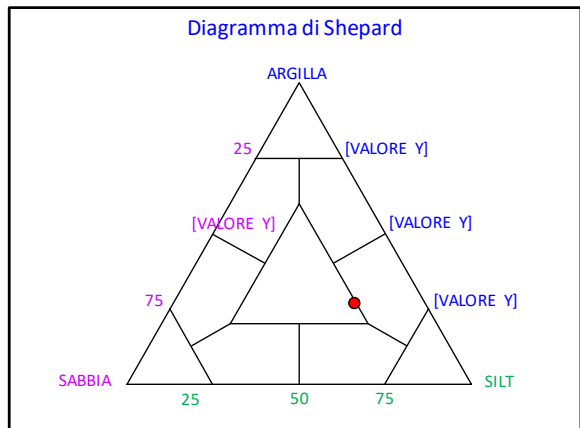
PERCENTILE	φ
5	1,50
16	3,48
25	4,17
50	5,51
75	8,16
84	9,03
95	10,41

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,8	0,8
SABBIA	1	500	2,5	3,2
	2	250	3,6	6,8
	3	125	5,0	11,8
	4	62,5	8,8	20,6
LIMO	5	31,2	25,5	46,1
	6	15,6	7,7	53,8
	7	7,8	11,7	65,5
	8	3,9	7,8	73,3
ARGILLA	9	2	10,4	83,7
	10	0,98	7,8	91,5
	<10	<0,98	8,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	20,6	52,7	26,7

NOTE
n.d.

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



## Stazione A8 (250 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	57,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,94
Mediana	Md	5,68
Classazione	σ	2,89
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,09
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,99

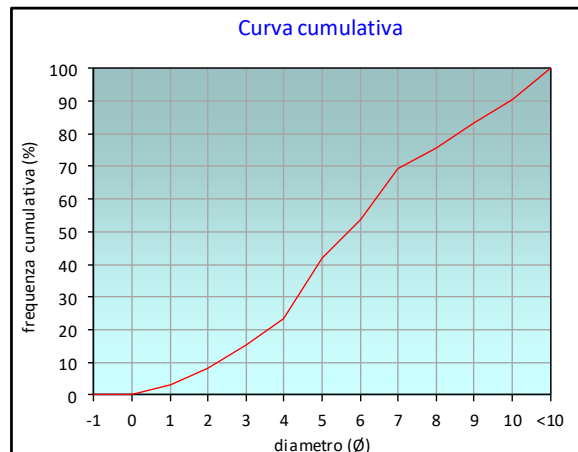
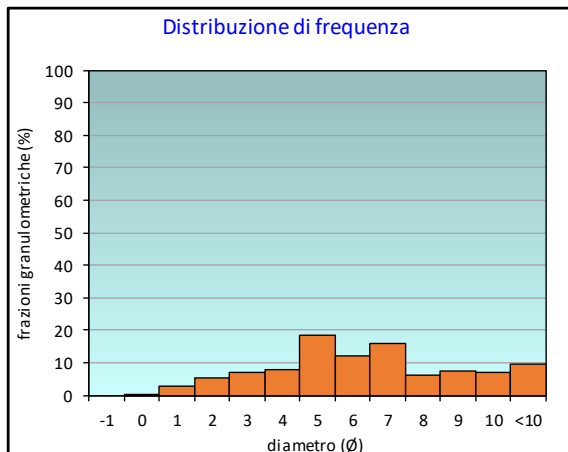
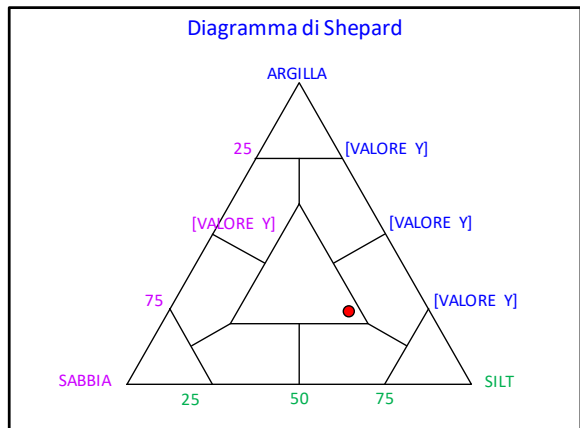
PERCENTILE	φ
5	1,36
16	3,06
25	4,09
50	5,68
75	7,87
84	9,09
95	10,48

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	2,8	3,1
	2	250	5,2	8,4
	3	125	7,2	15,5
	4	62,5	7,9	23,4
LIMO	5	31,2	18,4	41,8
	6	15,6	11,9	53,8
	7	7,8	15,8	69,6
	8	3,9	6,2	75,8
ARGILLA	9	2	7,6	83,4
	10	0,98	7,1	90,4
	<10	<0,98	9,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	23,4	52,4	24,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



## Stazione B1 (250 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	55,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,88
Mediana	Md	5,01
Classazione	σ	2,84
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,33
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,95

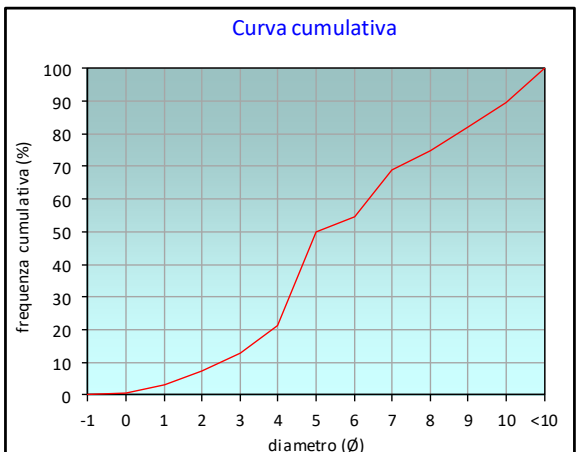
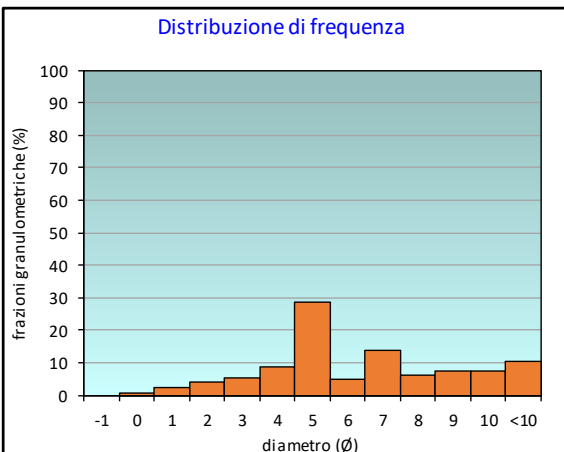
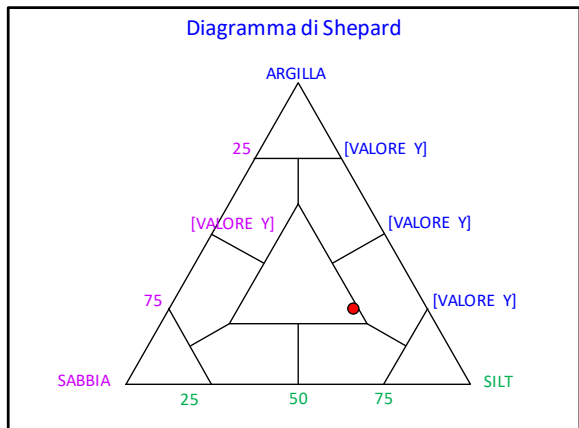
PERCENTILE	φ
5	1,48
16	3,37
25	4,12
50	5,01
75	8,02
84	9,25
95	10,52

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,6	0,6
SABBIA	1	500	2,4	3,0
	2	250	4,2	7,2
	3	125	5,6	12,8
	4	62,5	8,7	21,5
LIMO	5	31,2	28,5	50,0
	6	15,6	4,8	54,8
	7	7,8	14,0	68,8
	8	3,9	6,1	74,9
ARGILLA	9	2	7,3	82,2
	10	0,98	7,3	89,5
	<10	<0,98	10,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	21,5	53,4	25,1

NOTE
n.d.

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





## Stazione B2 (120 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	53,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,07
Mediana	Md	5,84
Classazione	σ	2,94
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,05
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,89

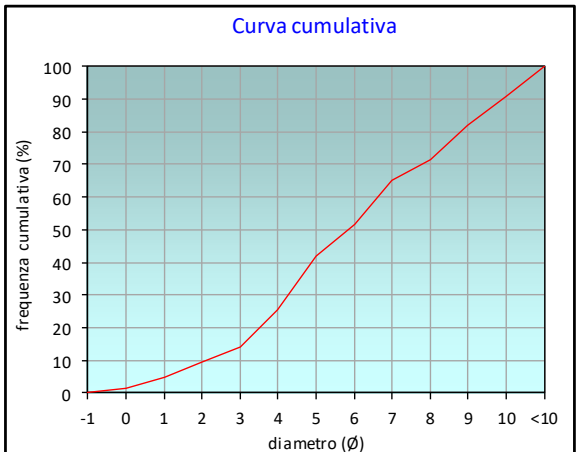
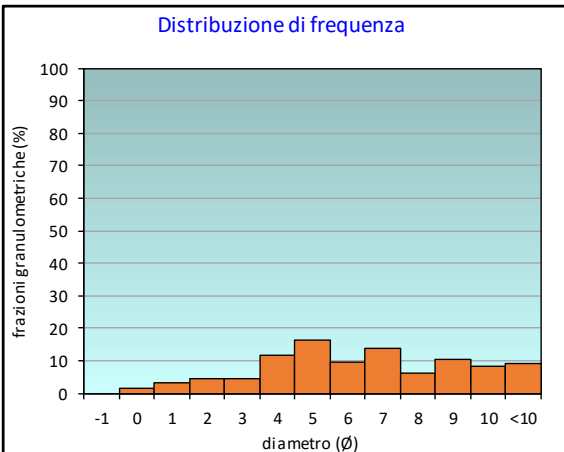
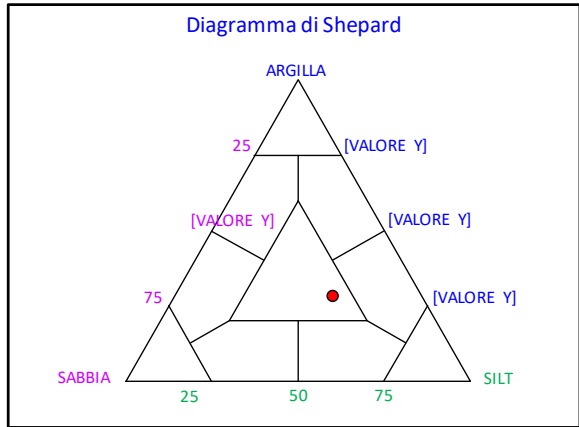
PERCENTILE	φ
5	1,01
16	3,17
25	3,95
50	5,84
75	8,32
84	9,21
95	10,46

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,5	1,5
SABBIA	1	500	3,4	5,0
	2	250	4,5	9,4
	3	125	4,7	14,1
	4	62,5	11,5	25,6
LIMO	5	31,2	16,2	41,8
	6	15,6	9,7	51,5
	7	7,8	13,8	65,3
	8	3,9	6,3	71,6
ARGILLA	9	2	10,6	82,2
	10	0,98	8,5	90,7
	<10	<0,98	9,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	25,6	46,0	28,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione B3 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	54,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,30
Mediana	Md	5,58
Classazione	σ	2,62
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,31
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,82

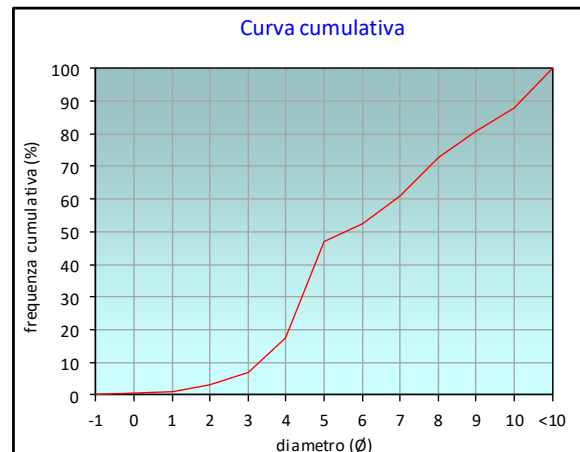
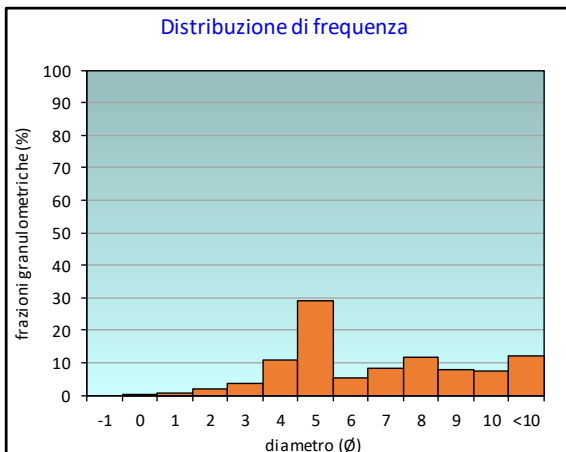
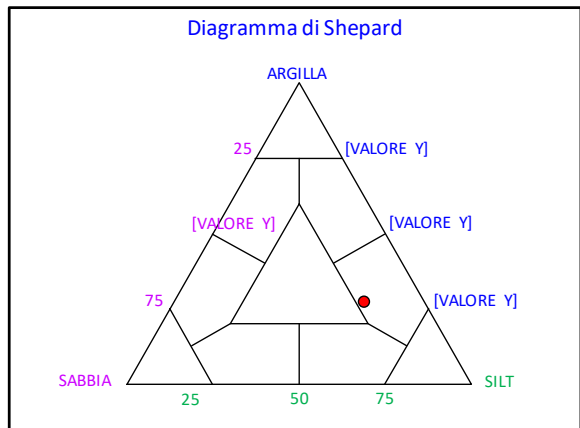
PERCENTILE	φ
5	2,51
16	3,85
25	4,25
50	5,58
75	8,29
84	9,46
95	10,58

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	0,8	1,2
	2	250	2,0	3,2
	3	125	3,5	6,7
	4	62,5	10,9	17,6
LIMO	5	31,2	29,2	46,8
	6	15,6	5,5	52,3
	7	7,8	8,5	60,9
	8	3,9	11,9	72,7
ARGILLA	9	2	7,9	80,6
	10	0,98	7,4	88,0
	<10	<0,98	12,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	17,6	55,1	27,3

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione B4 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	35,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,43
Mediana	Md	4,82
Classazione	σ	2,47
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,37
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,95

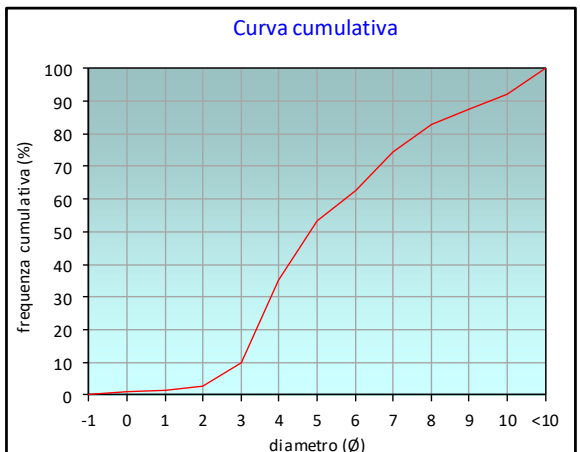
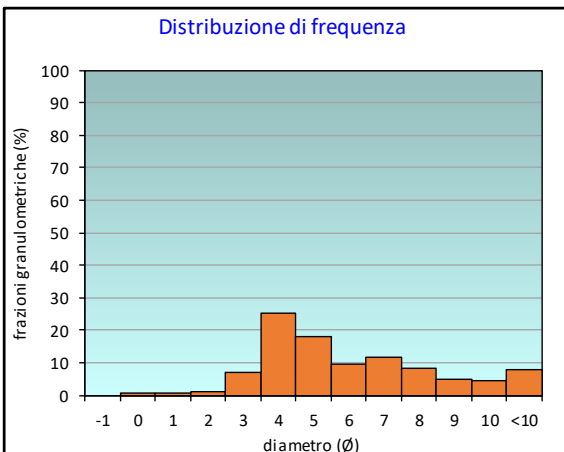
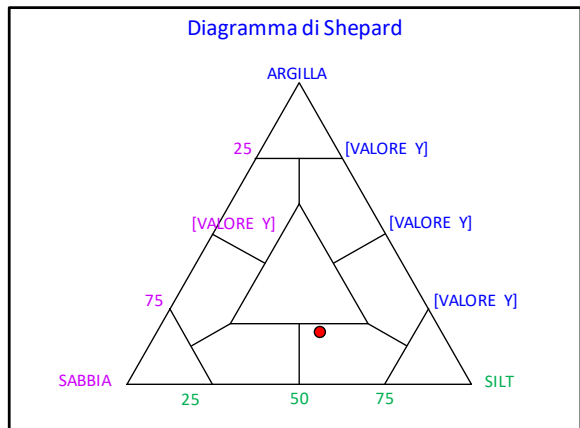
PERCENTILE	φ
5	2,32
16	3,24
25	3,60
50	4,82
75	7,07
84	8,24
95	10,35

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,8	0,8
SABBIA	1	500	0,8	1,6
	2	250	1,1	2,7
	3	125	7,1	9,9
	4	62,5	25,4	35,3
LIMO	5	31,2	18,0	53,3
	6	15,6	9,5	62,8
	7	7,8	11,6	74,4
	8	3,9	8,4	82,8
ARGILLA	9	2	4,8	87,7
	10	0,98	4,6	92,3
	<10	<0,98	7,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	35,3	47,6	17,2

NOTE
1,13 gr di resti conchigliari sui 2000 μm

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



## Stazione CL NE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	47,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,44
Mediana	Md	6,35
Classazione	σ	2,76
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,03
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,82

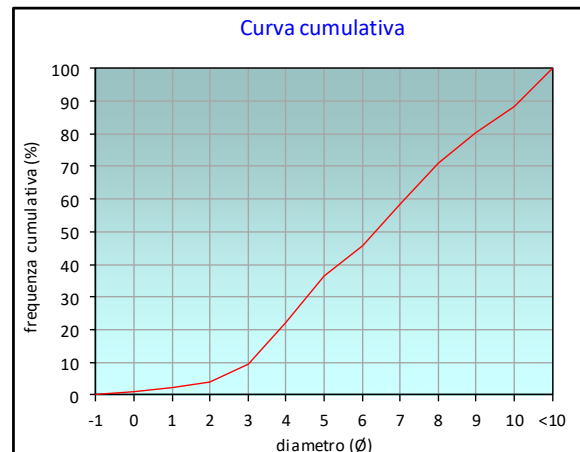
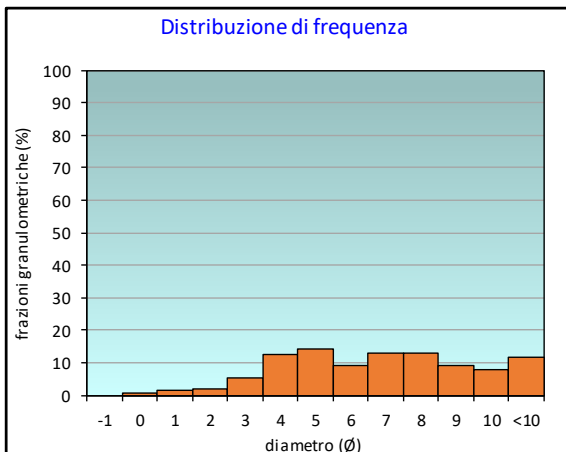
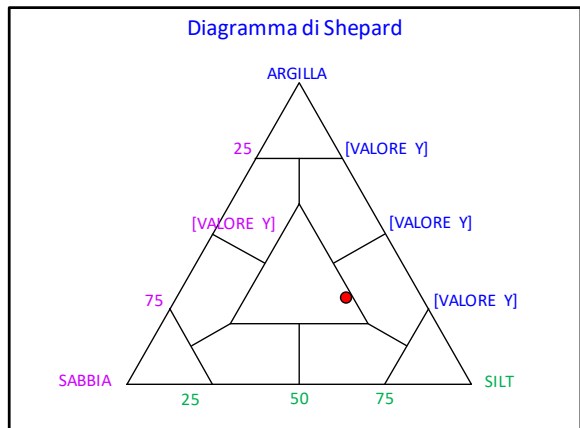
PERCENTILE	φ
5	2,18
16	3,52
25	4,21
50	6,35
75	8,41
84	9,46
95	10,57

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,8	0,8
SABBIA	1	500	1,4	2,2
	2	250	1,8	4,1
	3	125	5,4	9,4
	4	62,5	12,6	22,1
LIMO	5	31,2	14,2	36,3
	6	15,6	9,3	45,5
	7	7,8	12,8	58,4
	8	3,9	12,9	71,2
ARGILLA	9	2	9,1	80,3
	10	0,98	8,0	88,3
	<10	<0,98	11,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	22,1	49,2	28,8

NOTE
0,42 gr di resti conchigliari sui 2000 μm

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione CL SW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	50,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,69
Mediana	Md	5,50
Classazione	σ	2,62
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,13
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,86

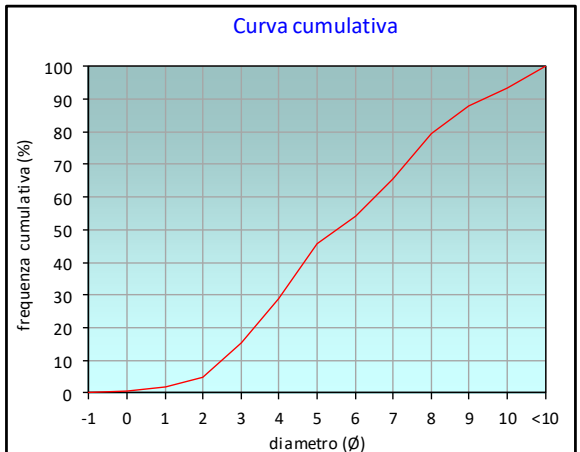
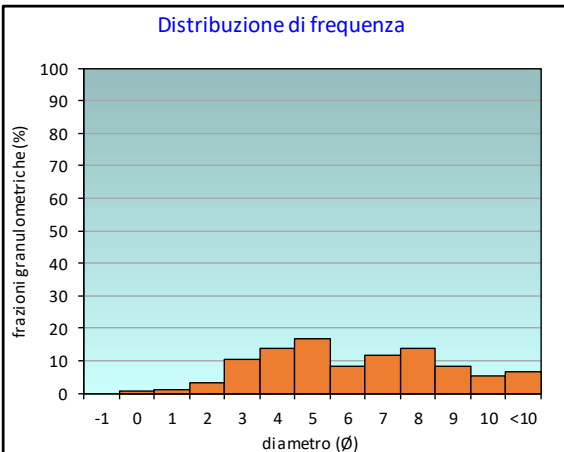
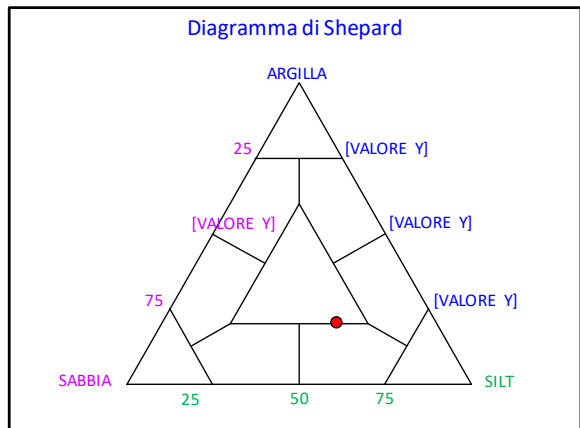
PERCENTILE	φ
5	2,00
16	3,05
25	3,71
50	5,50
75	7,67
84	8,53
95	10,26

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,6	0,6
SABBIA	1	500	1,1	1,7
	2	250	3,3	5,0
	3	125	10,3	15,3
	4	62,5	13,6	28,9
LIMO	5	31,2	17,0	45,9
	6	15,6	8,3	54,1
	7	7,8	11,6	65,8
	8	3,9	13,9	79,6
ARGILLA	9	2	8,3	87,9
	10	0,98	5,3	93,2
	<10	<0,98	6,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	28,9	50,8	20,4

NOTE
0,27 gr di resti conchigliari sui 2000 μm

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



## Stazione B5 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	52,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,97
Mediana	Md	5,79
Classazione	σ	2,65
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,07
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,99

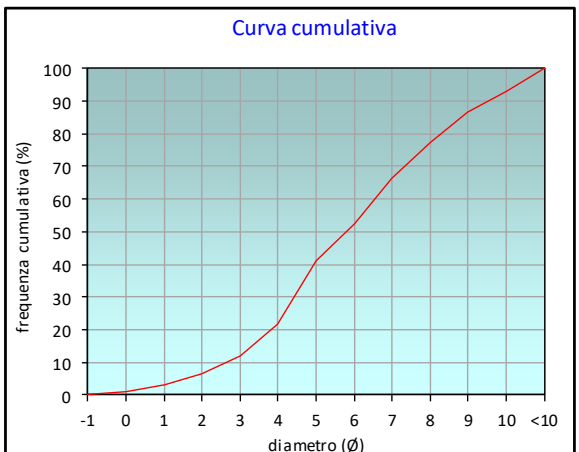
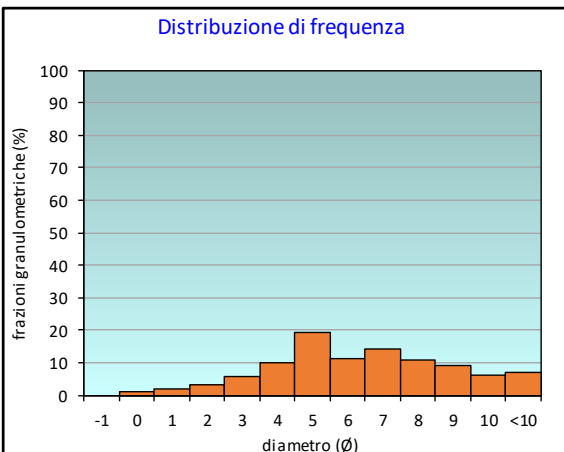
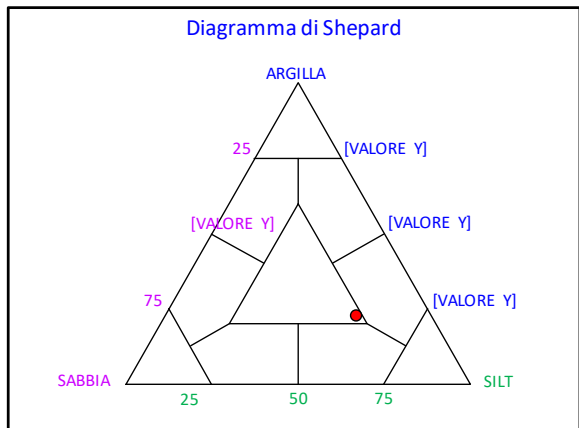
PERCENTILE	φ
5	1,58
16	3,41
25	4,17
50	5,79
75	7,78
84	8,71
95	10,31

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,0	1,0
SABBIA	1	500	2,2	3,2
	2	250	3,2	6,3
	3	125	5,6	11,9
	4	62,5	9,8	21,8
LIMO	5	31,2	19,2	40,9
	6	15,6	11,5	52,4
	7	7,8	14,1	66,6
	8	3,9	10,9	77,4
ARGILLA	9	2	9,2	86,7
	10	0,98	6,1	92,8
	<10	<0,98	7,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	21,8	55,6	22,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



## Stazione B6 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	53,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,60
Mediana	Md	6,46
Classazione	σ	2,57
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,03
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,84

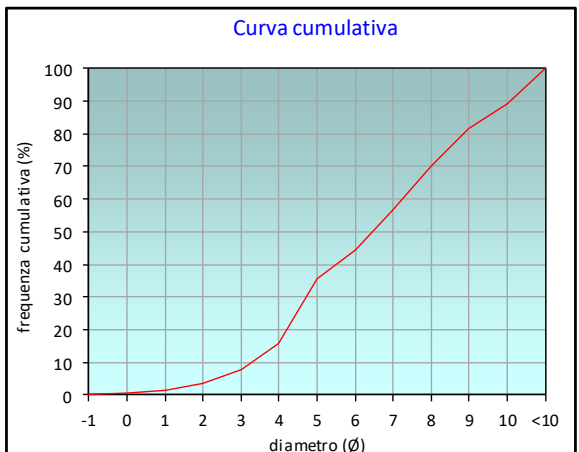
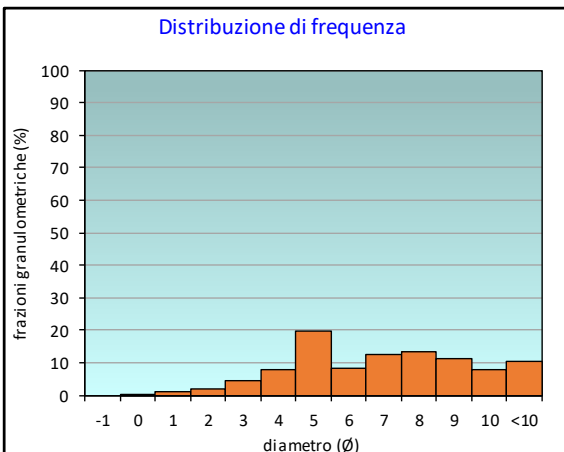
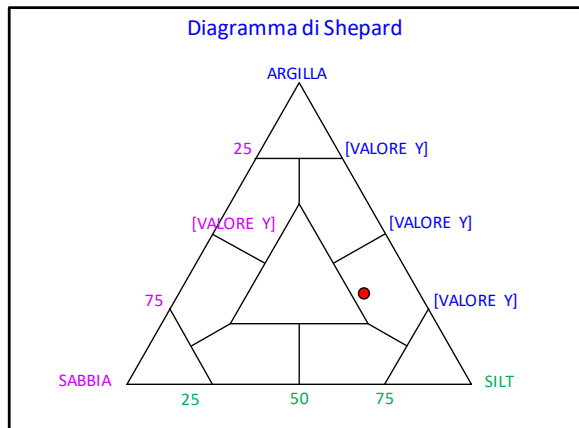
PERCENTILE	φ
5	2,34
16	4,00
25	4,46
50	6,46
75	8,44
84	9,33
95	10,53

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	1,0	1,4
	2	250	2,1	3,5
	3	125	4,5	7,9
	4	62,5	8,0	16,0
LIMO	5	31,2	19,9	35,8
	6	15,6	8,5	44,3
	7	7,8	12,4	56,6
	8	3,9	13,4	70,0
ARGILLA	9	2	11,4	81,4
	10	0,98	8,0	89,4
	<10	<0,98	10,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	16,0	54,1	30,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione B7 (120 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	54,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,91
Mediana	Md	5,57
Classazione	σ	2,80
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,13
Appuntimento	K <sub>G</sub>	1,04

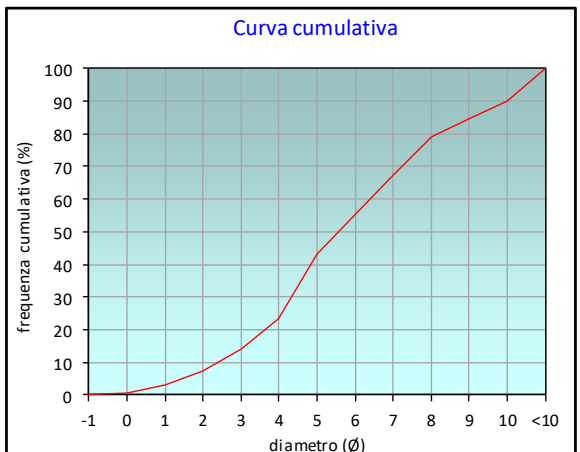
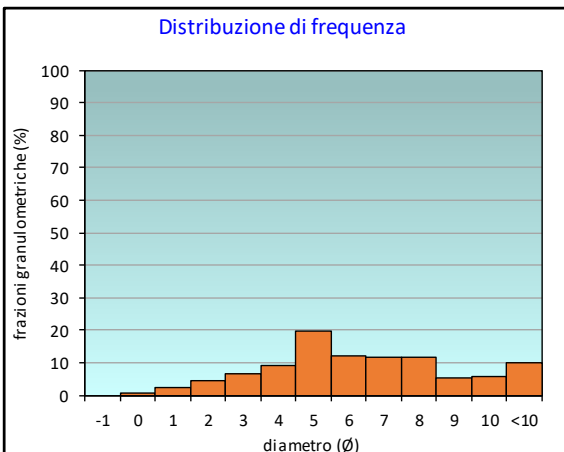
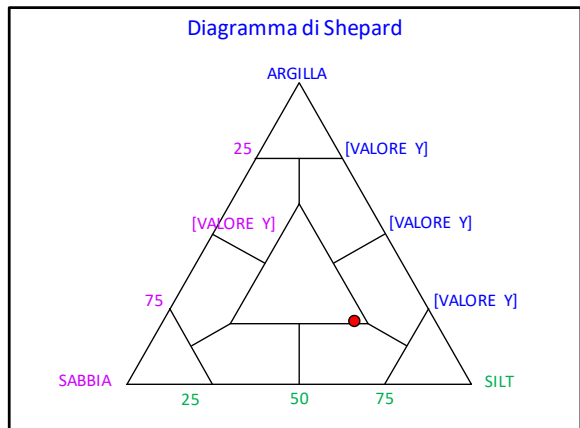
PERCENTILE	φ
5	1,45
16	3,21
25	4,08
50	5,57
75	7,67
84	8,94
95	10,50

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,6	0,6
SABBIA	1	500	2,4	3,0
	2	250	4,5	7,4
	3	125	6,5	14,0
	4	62,5	9,4	23,4
LIMO	5	31,2	19,7	43,0
	6	15,6	12,3	55,3
	7	7,8	11,9	67,2
	8	3,9	11,7	78,9
ARGILLA	9	2	5,4	84,3
	10	0,98	5,7	90,0
	<10	<0,98	10,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	23,4	55,6	21,1

NOTE
n.d.

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





## Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	55,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,37
Mediana	Md	6,12
Classazione	σ	2,78
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,06
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,99

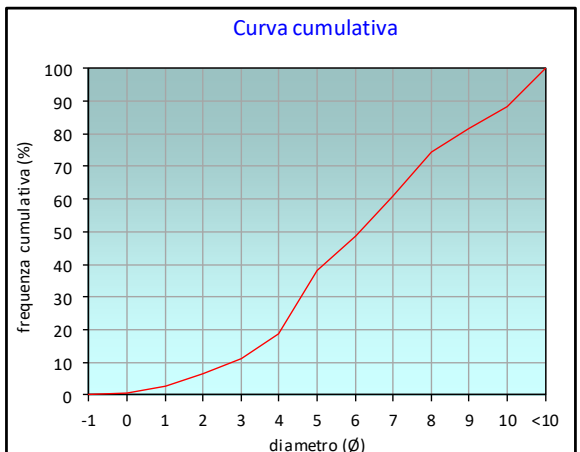
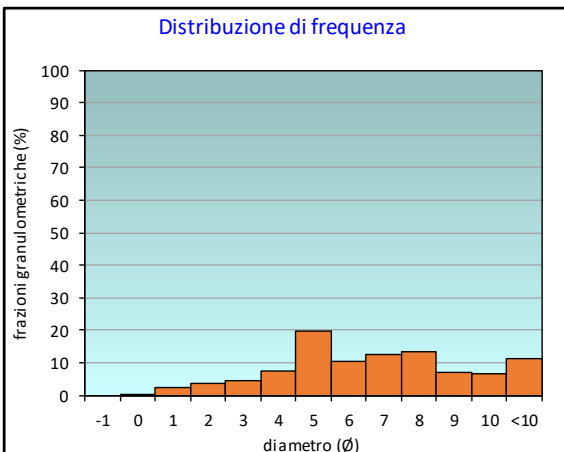
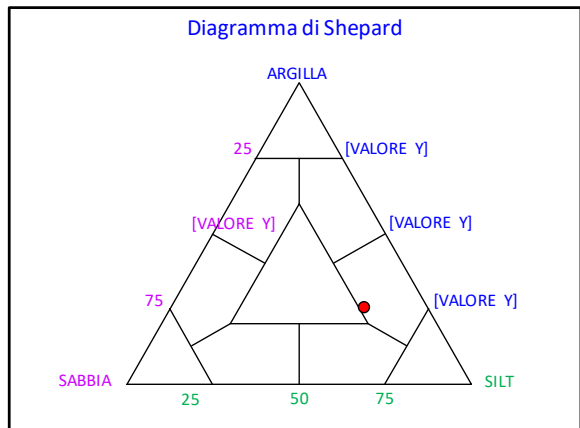
PERCENTILE	φ
5	1,58
16	3,65
25	4,33
50	6,12
75	8,06
84	9,33
95	10,56

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	2,4	2,8
	2	250	3,8	6,6
	3	125	4,6	11,2
	4	62,5	7,4	18,6
LIMO	5	31,2	19,7	38,2
	6	15,6	10,3	48,5
	7	7,8	12,5	61,0
	8	3,9	13,6	74,6
ARGILLA	9	2	7,2	81,8
	10	0,98	6,8	88,6
	<10	<0,98	11,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	18,6	56,0	25,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



## Stazione K1

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	54,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	6,43
Mediana	Md	5,89
Classazione	σ	2,51
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,24
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,85

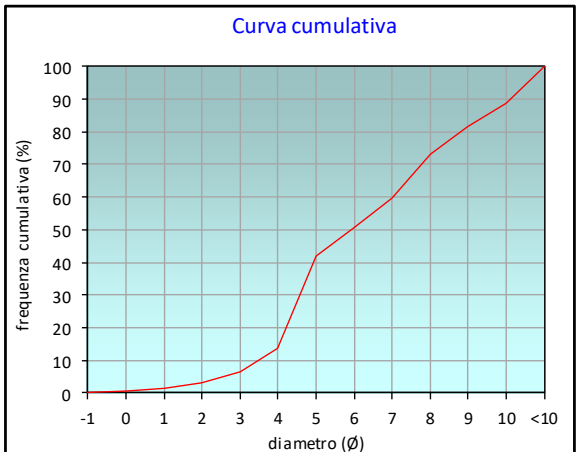
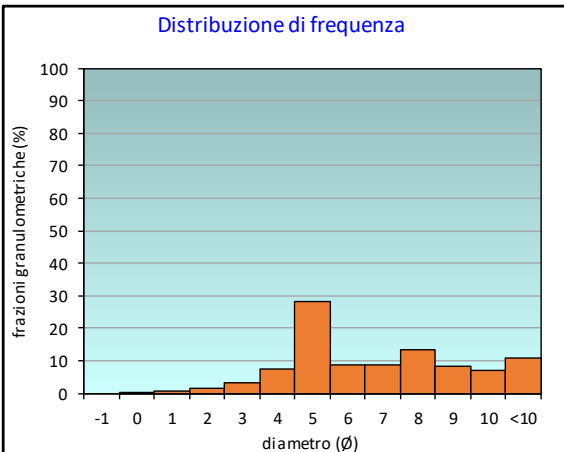
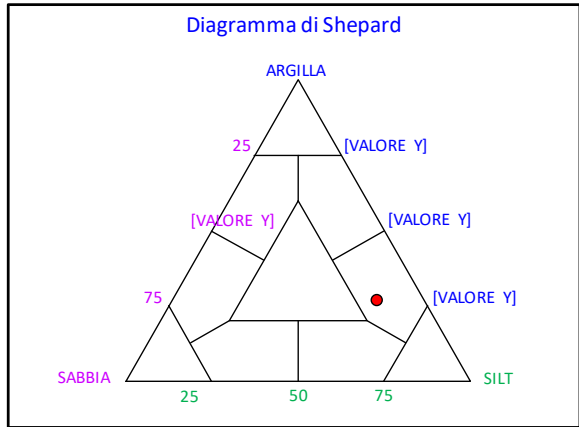
PERCENTILE	φ
5	2,61
16	4,08
25	4,39
50	5,89
75	8,20
84	9,31
95	10,55

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,8	1,3
	2	250	1,7	3,0
	3	125	3,3	6,3
	4	62,5	7,5	13,8
LIMO	5	31,2	28,3	42,1
	6	15,6	8,8	50,9
	7	7,8	8,8	59,7
	8	3,9	13,5	73,3
ARGILLA	9	2	8,5	81,8
	10	0,98	7,1	88,9
	<10	<0,98	11,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	13,8	59,4	26,7

NOTE
n.d.

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



## Stazione K2

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	56,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,90
Mediana	Md	5,02
Classazione	σ	2,51
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,40
Appuntimento	K <sub>G</sub>	1,03

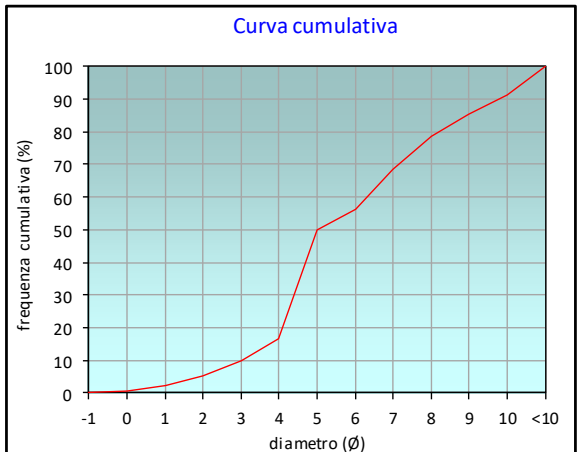
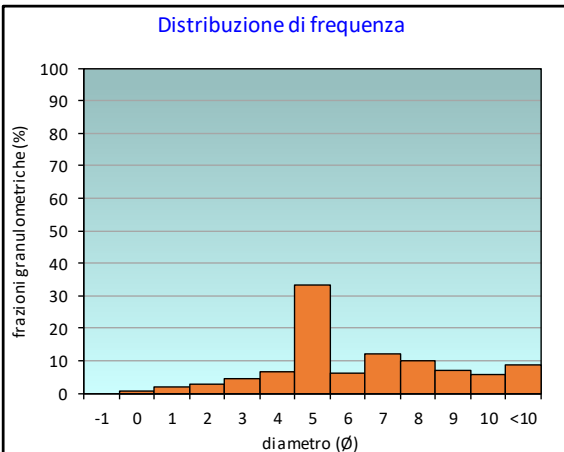
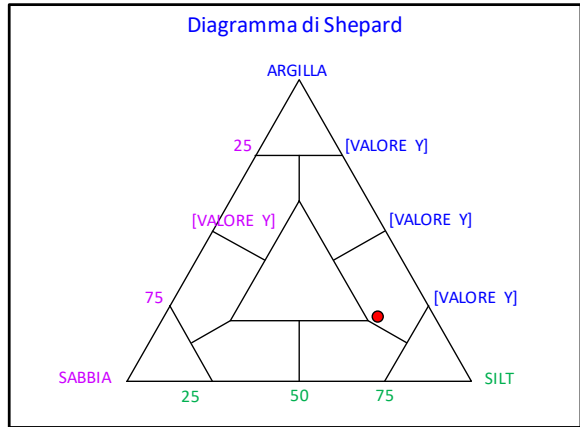
PERCENTILE	φ
5	1,87
16	3,91
25	4,25
50	5,02
75	7,65
84	8,77
95	10,42

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	1,9	2,4
	2	250	2,9	5,4
	3	125	4,5	9,9
	4	62,5	6,8	16,6
LIMO	5	31,2	33,2	49,8
	6	15,6	6,3	56,1
	7	7,8	12,3	68,4
	8	3,9	10,2	78,6
ARGILLA	9	2	7,0	85,6
	10	0,98	5,7	91,3
	<10	<0,98	8,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	16,6	62,0	21,4

NOTE
n.d.

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



### Stazione K3

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	55,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,51
Mediana	Md	5,00
Classazione	σ	2,46
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,27
Appuntimento	K <sub>G</sub>	1,18

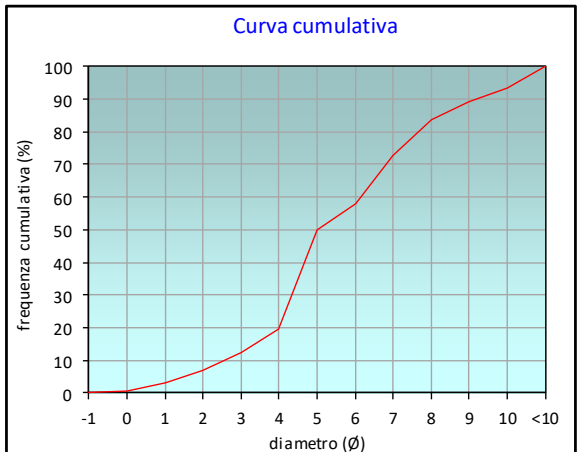
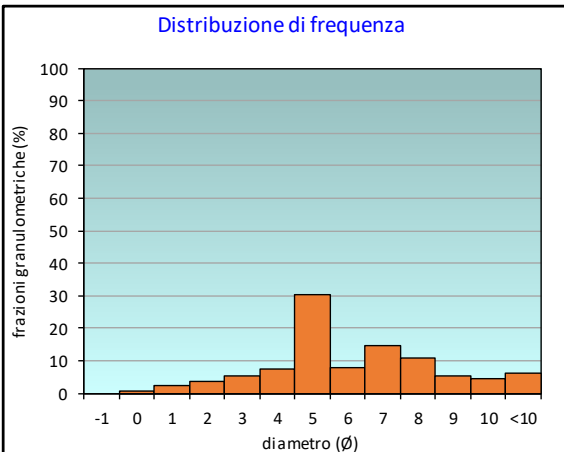
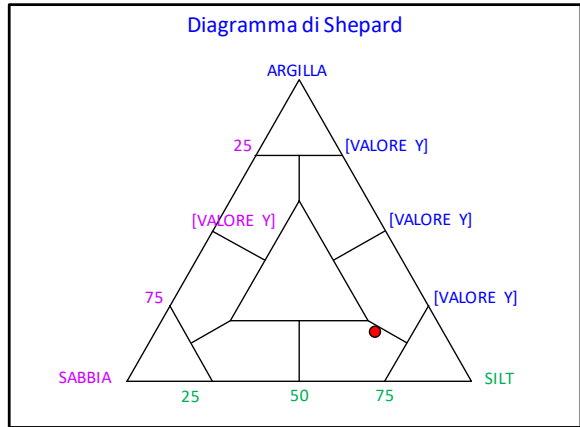
PERCENTILE	φ
5	1,51
16	3,50
25	4,17
50	5,00
75	7,20
84	8,05
95	10,22

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	2,6	3,1
	2	250	3,8	6,9
	3	125	5,4	12,3
	4	62,5	7,4	19,7
LIMO	5	31,2	30,4	50,1
	6	15,6	8,1	58,1
	7	7,8	14,7	72,8
	8	3,9	10,9	83,7
ARGILLA	9	2	5,6	89,3
	10	0,98	4,3	93,6
	<10	<0,98	6,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	19,7	64,1	16,3

NOTE
n.d.

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



## Stazione K4

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	57,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M <sub>f</sub>	5,94
Mediana	Md	5,17
Classazione	σ	2,52
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,33
Appuntimento	K <sub>G</sub>	1,08

PERCENTILE	φ
5	1,51
16	3,97
25	4,28
50	5,17
75	7,64
84	8,67
95	10,38

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	2,5	3,0
	2	250	3,9	6,9
	3	125	4,6	11,5
	4	62,5	4,6	16,1
LIMO	5	31,2	32,2	48,3
	6	15,6	10,0	58,3
	7	7,8	9,3	67,7
	8	3,9	11,5	79,2
ARGILLA	9	2	7,2	86,3
	10	0,98	5,6	92,0
	<10	<0,98	8,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	16,1	63,1	20,8

NOTE
n.d.

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

