

ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS

MONITORAGGIO AMBIENTALE CAMPO BONACCIA NW

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

FASE DI PRODUZIONE

RAPPORTO FINALE 4° ANNO (2019)

RAPPORTO n. 13

OPERATORE SCIENTIFICO:

CNR – IRBIM IN RTI CON STAZIONE ZOOLOGICA ANTON DOHRN, OGS, AGROLAB
AMBIENTE S.R.L., CIBM, UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE E CONISMA

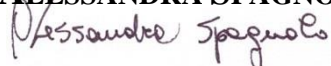
COORDINATORE:

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

TANIA MANARINI

FRANCESCO REGOLI

GIUSEPPE SIENA

MARIA SAGGIOMO



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 AGROLAB Ambiente S.r.l.	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. De Martino	SZN	Campionamento in mare
G. Zazo	SZN	Campionamento in mare
P. Ottoni	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Project Manager
F. Pieretti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Responsabile qualità
L. Boschetti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Reportistica
R. Contarino	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Responsabile di Laboratorio
G. Siena	OGS	Responsabile Scientifico comparto colonna d'acqua
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

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
A.M. De Biasi	CIBM	Responsabile Scientifico comparto sedimenti
G. Bontà Pittaluga	CIBM	Responsabile settore chimico
S. Dell'Ira	CIBM	Analisi chimiche
C. Manzini	CIBM	Analisi chimiche
O. Spinelli	CIBM	Analisi chimiche
L. Kozinkova	CIBM	Responsabile analisi ecotossicologiche
S. Polese	CIBM	Analisi di laboratorio
S. Lippi	CIBM	Stesura relazioni

ANALISI IN *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

P. Ottoni	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Project Manager
F. Pieretti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Responsabile qualità
L. Boschetti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Reportistica
R. Contarino	AGROLAB Ambiente S.r.l.	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, identificazione e stesura relazione
L. Montagnini	CNR-IRBIM	Campionamento in mare, sorting e identificazione
F. Rebecchi	CNR-IRBIM	Campionamento in mare, sorting e identificazione
A. Spagnolo	CNR-IRBIM	Elaborazione e validazione dati
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.....	15
2.1.8.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI.....	15
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	16
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	16
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	25
2.2.3.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI	30
2.2.3.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	30
2.2.3.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®)	32
2.2.3.3	<i>Corophium orientale</i>	33
2.2.3.4	<i>Crassostrea gigas</i>	35
2.2.4.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	36
2.2.4.1	Ricerca di metalli pesanti	36
2.2.4.2	Biomarker	37
2.2.5.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA	40
2.2.5.1	Inquinanti organici e inorganici.....	40
2.2.5.2	Biomarker	44
2.2.6.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	49
2.2.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	53
2.2.7.1	Campionamenti di pesca	53
2.2.7.2	Investigazioni acustiche	55
2.2.7.3	Indagini video in prossimità della piattaforma.....	57
2.2.8.	ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE).....	58
3.	RISULTATI.....	69
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	69
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	69
3.1.2.	NUTRIENTI.....	77
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO.....	85
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	93
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO.....	98
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	99

3.1.7.	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	108
3.1.7.1	Indagini fisiche, chimiche e biologiche.....	108
3.1.7.2	Indagini sugli inquinanti.....	110
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	120
3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	130
3.3.1.	GRANULOMETRIA	130
3.3.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	133
3.3.3.	IDROCARBURI TOTALI.....	144
3.3.4.	METALLI PESANTI.....	146
3.3.4.1	Estrazione sequenziale dell'arsenico e del bario	163
3.3.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	164
3.3.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)	166
3.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	169
3.4.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	169
3.4.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	170
3.4.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	171
3.4.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	173
3.5.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	176
3.5.1.	RICERCA DI METALLI PESANTI.....	177
3.5.2.	BIOMARKER.....	182
3.5.2.1	Micronuclei	182
3.5.2.2	Determinazione dell'attività di catalasi	183
3.5.2.3	Determinazione dell'attività della glutatione transferasi.....	185
3.5.2.4	Stabilità delle membrane lisosomiali.....	186
3.5.2.5	Determinazione dell'attività mitocondriale	187
3.5.2.6	Livelli di metallotioneine	188
3.5.2.7	Valutazione dei composti aromatici per via immuno- fluorescente.....	189
3.6.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	190
3.6.1.	INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI	190
3.6.1.1	Materia organica estratta (MOE).....	190
3.6.1.2	Idrocarburi Alifatici (IA).....	191
3.6.1.3	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	194
3.6.1.4	Metalli pesanti	196
3.6.2.	BIOMARKER.....	199
3.6.2.1	Stress on stress.....	199
3.6.2.2	Micronuclei	199
3.6.2.3	Valutazione del contenuto di lipofuscine	201
3.6.2.4	Valutazione del contenuto di lipidi neutri	201
3.6.2.5	Stabilità delle membrane lisosomiali.....	202
3.6.2.6	Attività della Catalasi	203
3.6.2.7	Livelli di Malondialdeide	204
3.6.2.8	Livelli di Metallotioneine	204
3.6.2.9	Livelli di mRNA delle metallotioneine mt10 e mt20	205
3.7.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	207
3.7.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)	207
3.7.2.	AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE	210
3.7.3.	DOMINANZA	214

3.7.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)	218
3.7.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M)	222
3.7.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H')	222
3.7.7.	MUTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)	225
3.7.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE	226
3.7.8.1	Indice W di Clarke	226
3.7.8.2	Indice AMBI.....	227
3.7.8.3	Indice BENTIX	227
3.7.8.4	Stato ecologico	227
3.7.9.	<i>MYTILUS GALLOPROVINCIALIS</i>	236
3.8.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	239
3.8.1.	CAMPIONAMENTI DI PESCA	239
3.8.1.1	Ricchezza specifica (S) e diversità specifica (H')	239
3.8.1.2	Rendimenti di pesca e composizione delle catture	245
3.8.1.3	Affinità delle specie catturate con i substrati duri	248
3.8.1.4	PERMANOVA e Principal Coordinate analysis (PCO).....	252
3.8.2.	INVESTIGAZIONI ACUSTICHE	253
3.8.3.	INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA.....	264
3.9.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI.....	266
3.10.	ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)	268
3.10.1.	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI (LOE 1)	268
3.10.2.	CARATTERIZZAZIONE DEL PERICOLO PER IL BIOACCUMULO (LOE 2)	270
3.10.3.	RISPOSTE BIOLOGICHE MISURATE TRAMITE BIOAMARKER (LOE 3) ...	271
3.10.4.	CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DEI SEDIMENTI (LOE 4) ...	271
3.10.5.	COMUNITÀ BENTONICHE (LOE 5)	273
3.10.6.	ELABORAZIONI WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)	274
4.	CONCLUSIONI.....	277
5.	BIBLIOGRAFIA	288
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
ALLEGATO C	Comunità bentoniche – Liste e densità dei taxa rinvenuti nell'intero periodo di indagine.....	lviii
ALLEGATO D	Comunità bentoniche – Liste e biomassa dei taxa rinvenuti nell'intero periodo di indagine.....	xcix

1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-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 Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Bonaccia. 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 AGROLAB Ambiente S.r.l. S.p.A. di Carrara.

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

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

Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte o tuttora in corso dal CNR-IRBIM presso analoghe strutture situate in Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2021b) 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 idrologiche della colonna d’acqua (correnti, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, 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 (*Mytilus galloprovincialis*) insediati sulle parti sommerse della piattaforma;
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 unsurvey. Il rilevamento del passaggio di cetacei è avvenuto mediante operatori MMO (Leonori *et al.*, 2016).
- c. Fase di produzione: le indagini previste ai punti 1 (solo correntometria), 3-9 verranno condotte per 5 anni dopo la fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Per le indagini sedimentologiche, ecotossicologiche, sulla comunità bentonica e la ricerca di inquinanti e biomarkers in organismi marini sono previsti survey stagionali (inverno ed estate). I campionamenti per lo studio della comunità ittica saranno mensili, mentre l'osservazione di mammiferi marini sarà effettuata mediante 3 campionamenti/mese. Le indagini previste al punto 1 (eccetto correntometria) verranno effettuate per tutta la durata dell'esercizio dell'impianto mediante campionamenti bimestrali. Le indagini di cui al punto 2 non sono previste in questa fase.
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento: verranno condotte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8; eccetto lo studio della comunità ittica si prevede un survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell'inizio dei lavori di smantellamento. Per la comunità ittica verranno condotti 3 survey;

2. smantellamento: in questa fase verranno condotte le indagini di cui ai punti 1, 3-5 e 8; si prevede come minimo n. 1 survey che potrà essere ripetuto in funzione della durata dei lavori;
3. post-smantellamento: tutte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8 verranno condotte per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Quelle riguardanti i sedimenti e la comunità bentonica si svolgeranno in inverno e/o estate, il popolamento ittico verrà invece investigato mensilmente. Le indagini riguardanti la colonna d'acqua (punto 1) avranno la durata di 1 anno e si svolgeranno con cadenza bimestrale.

Per le fasi a) e b) sono stati previsti monitoraggi semplificati rispetto a quelli successivi all'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 Bonaccia NW nel 4° anno post lavori di installazione (2019), confrontati con i precedenti.

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale. In verde le fasi di monitoraggio concluse; in giallo quelle ancora in corso.

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

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

** Incluso nella fase di Esercizio

2. MATERIALI E METODI

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

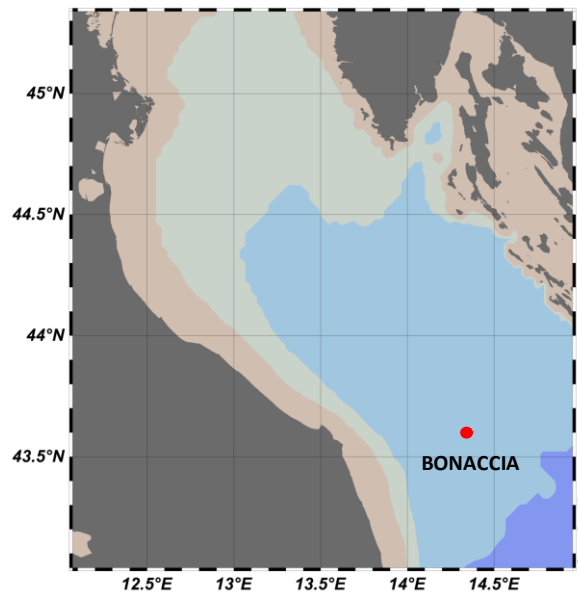


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Bonaccia NW.

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

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

2.1. 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 4° anno di produzione (2019) sono stati condotti 5 survey (febbraio, maggio, luglio, ottobre e dicembre). 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).

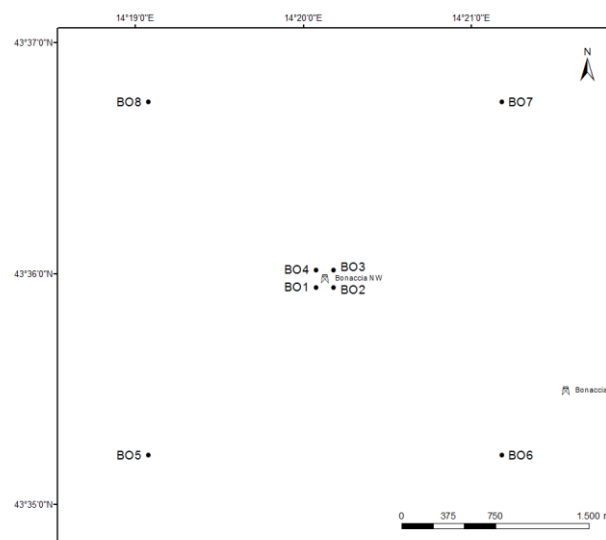


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma per le indagini idrologiche.

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

Stazioni di campionamento	Coordinate geografiche (LAT.)	Coordinate geografiche (LONG.)	Distanza dalla struttura (m)	Posizione rispetto alla struttura
BO1	43° 35' 57"N	14° 20' 05"E	100	SW
BO2	43° 35' 57"N	14° 20' 12"E	100	SE
BO3	43° 36' 02"N	14° 20' 12"E	100	NE
BO4	43° 36' 02"N	14° 20' 05"E	100	NW
BO5	43° 35' 13"N	14° 19' 06"E	2000	SW
BO6	43° 35' 14"N	14° 21' 12"E	2000	SE
BO7	43° 36' 45"N	14° 21' 11"E	2000	NE
BO8	43° 36' 45"N	14° 19' 05"E	2000	NW

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

E' stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di Bonaccia NW (coordinate dell'ormeggio: 43°36,010'N, 14°20,148'E) a circa 86 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 25 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. Sono stati registrati dati dal 01 gennaio al 15 dicembre 2019.

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

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

In Tab. 2-III sono riportate la distanza dal punto "Bonaccia NW", la posizione geografica e la profondità di ciascuna stazione campionata nell'estate 2019, ovvero nell'8° survey post lavori di installazione.

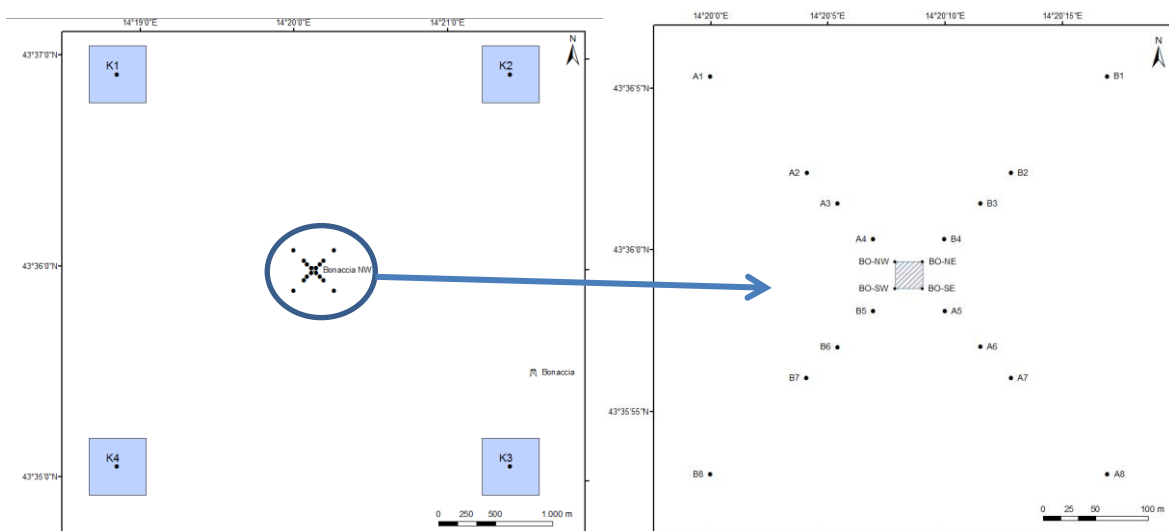


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica nella fase di produzione di Bonaccia NW, con il particolare dei 20 siti posti attorno alla piattaforma.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nell'8° survey post lavori di installazione per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Bonaccia NW.

	Distanza dal sito Bonaccia NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A1	250	NW	43°36'142N 14°20'019E	86,5
A2	120	NW	43°36'092N 14°20'067E	86,6
A3	60	NW	43°36'072N 14°20'100E	86,8
A4	30	NW	43°36'053N 14°20'112E	87,0
BO NW	0	NW	43°36'046N 14°20'128E	86,6
BO SE	0	SE	43°36'013N 14°20'157E	87,1
A5	30	SE	43°36'003N 14°20'171E	87,1
A6	60	SE	43°35'988N 14°20'189E	87,0
A7	120	SE	43°35'965N 14°20'199E	87,2
A8	250	SE	43°35'923N 14°20'298E	88,0
B1	250	NE	43°36'134N 14°20'269E	86,8
B2	120	NE	43°36'097N 14°20'225E	86,8
B3	60	NE	43°36'078N 14°20'179E	87,0
B4	30	NE	43°36'049N 14°20'161E	87,1
BO NE	0	NE	43°36'036N 14°20'156E	87,1
BO SW	0	SW	43°36'113N 14°20'120E	86,3
B5	30	SW	43°36'005N 14°20'099E	87,1
B6	60	SW	43°35'991N 14°20'086E	87,0
B7	120	SW	43°35'973N 14°20'071E	87,1
B8	250	SW	43°35'937N 14°19'955E	86,8
K2	2000	NW	43°36'836N 14°18'956E	83,9
K3	2000	NE	43°36'087N 14°21'796E	85,3
K4	2000	SE	43°34'685N 14°21'479E	84,3
K4	2000	SW	43°35'005N 14°18'841E	86,1

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

In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

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

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

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

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

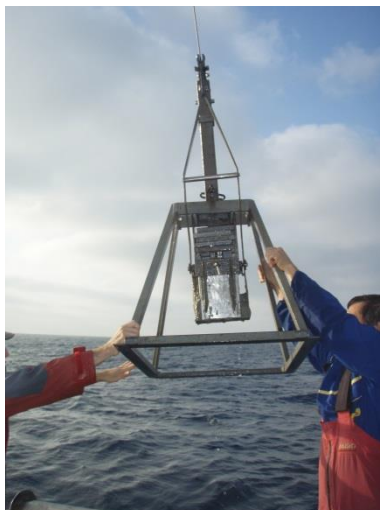


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

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 BO 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 BO (BO NW, SE, BO SW e BO NE) e le 4 stazioni posizionate a 30 m di distanza (A4, A5, B4 e B5). Sono stati prelevati mediante benna Van-Veen anche campioni di sedimento per lo svolgimento dei seguenti saggi ecotossicologici:

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

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 effettuate 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. 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

Nell'estate 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'ultimo campionamento dai due siti della piattaforma e al controllo (lunghezza della conchiglia \pm dev.st) sono state le seguenti:

1. Controllo: $63,5 \pm 5,7$ mm
2. Vicino anodo: $60,1 \pm 5,5$ mm
3. Lontano anodo: $68,3 \pm 8,3$ mm.

2.1.7. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.1.7.1 Campionamenti di pesca

Le indagini sul popolamento ittico mediante campionamenti di pesca sono iniziati nel gennaio 2016 e sono continuate sino a dicembre 2019. Esse sono state condotte sia nei pressi della piattaforma Bonaccia NW (entro un raggio di 50 m dalla struttura), sia in due aree di controllo prive di substrati duri naturali o artificiali, situate sulla stessa batimetria della struttura e a una distanza di circa 1800 m, in modo da non essere influenzate dalla sua presenza. I campionamenti presso le due aree di controllo sono stati condotti in due dei quattro quadranti (NW, NE, SW e SE) intorno alla piattaforma, scelti in maniera casuale ad ogni campionamento (fig. 2.6).

Lo strumento utilizzato è una rete da posta tipo "tremaglio" 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.

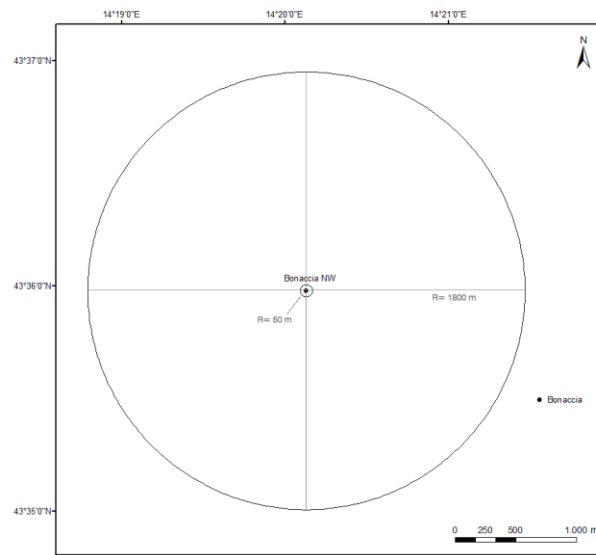


Fig. 2.6 - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica mediante campionamenti di pesca.

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.

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.

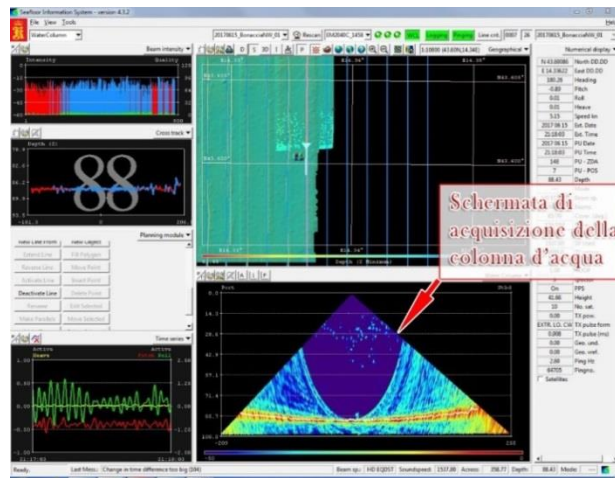


Fig. 2.7 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM2040CD. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua.

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

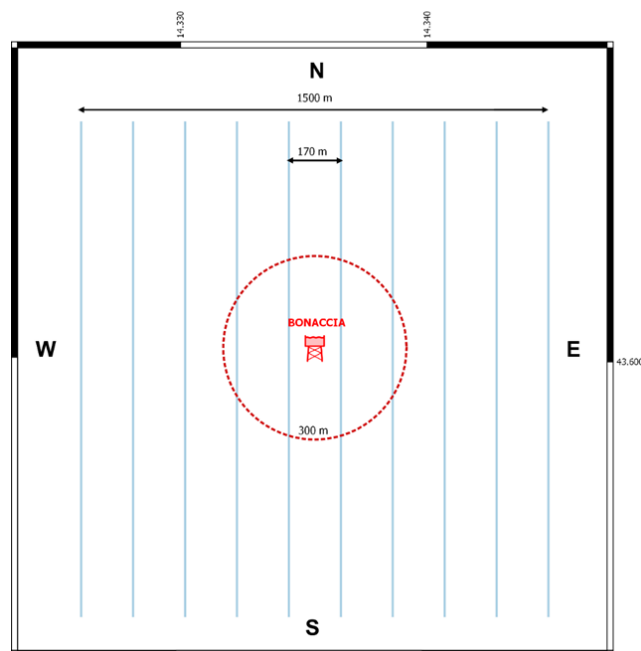


Fig. 2.8 - Schema di campionamento adottato durante i survey effettuati con MBES. Al centro il simbolo della piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

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-III) che consente la visione diurna a colori del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità (≥ 200 m), con intensità di appena 2 millesimi di lux. Le registrazioni sono state effettuate immergendo la telecamera in prossimità della piattaforma a vari step di profondità, controllando contemporaneamente le registrazioni dal monitor del notebook ad essa collegato: in tal modo si sono acquisiti filmati sulle aggregazioni rilevate ed è stata individuata la quota a cui sono state riscontrate nella colonna d'acqua.

2.1.8. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

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

Durante il survey due operatori osservavano simultaneamente l'eventuale presenza di cetacei registrandola sul quaderno di campo annotando l'ora, il numero degli esemplari, la loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie. Tali survey sono stati condotti sia nel corso delle campagne di campionamento della colonna d'acqua, dei sedimenti e delle comunità bentonica e ittica, sia durante apposite crociere per un totale di 3 avvistamenti/mese.

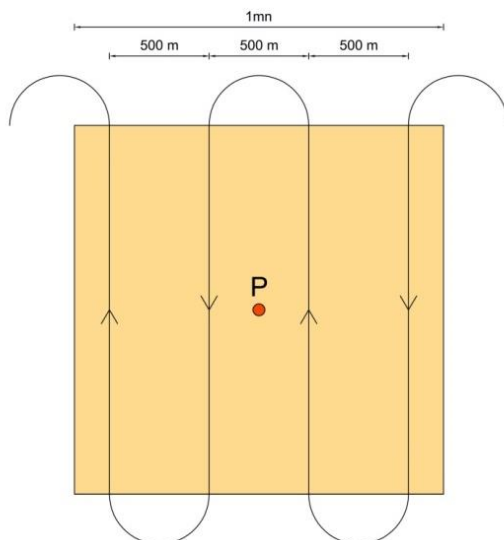


Fig. 2.9 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei nell'area interessata dalla presenza della piattaforma Bonaccia NW. P = piattaforma.

2.2. 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.

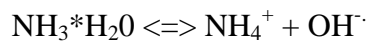
Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 μm), precombusti a 450°C per 4 h, raccolti in contenitori in polietilene (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 (NO_2) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopolazione che produce un composto azotato rosso-violaceo, letto a 520 nm.

I nitrati (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 (NH_3) e l'ammonio (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 (NH_4^+) e solo il 5% si trova come ammoniaca (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 (NH_4).

Il fosforo reattivo (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:

- NO_2 : 0,01 μM
- NO_3 : 0,02 μM

- NH_4 : 0,02 μM
- PO_4 : 0,01 μM
- $\text{Si}(\text{OH})_4$: 0,02 μM

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 μm ; Ø = 47 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 Å μM). 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 μl 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 (Ø = 47 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°C fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 60°C fino a peso costante, su bilancia analitica Mettler XP6, secondo le indicazioni riportate da Strickland e Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combustibili è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in 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.

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).

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

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

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 (C₁₀ H₂₂) e del n-tetracontano (C₄₀ H₈₂) (frazione estraibile);
- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C₅ H₁₂) e n-decano (C₁₀ H₁₂) 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 rilevatore 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 rilevatore 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. 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).

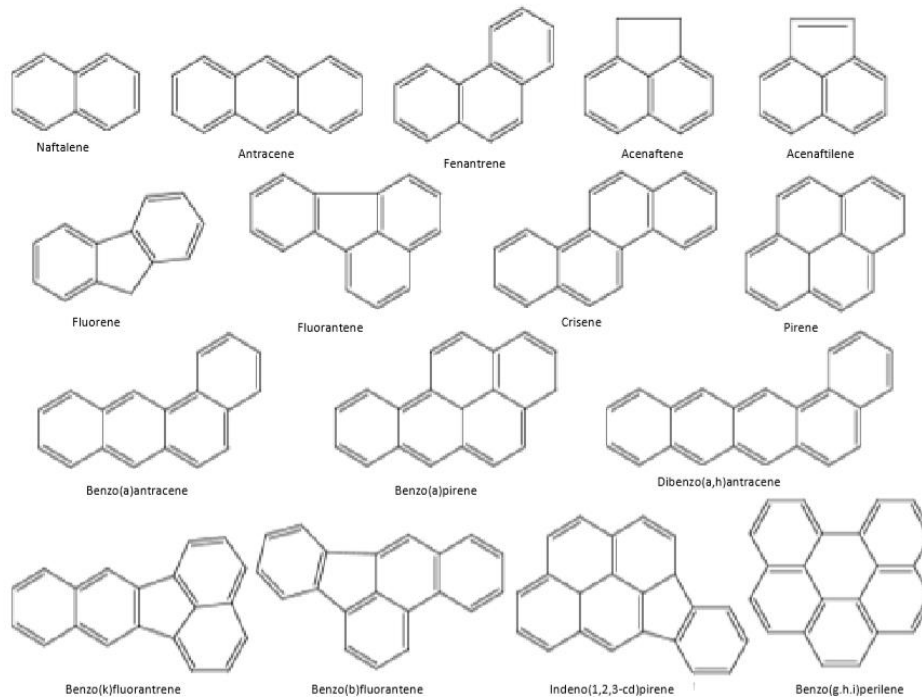


Fig. 2.10 – I 16 IPA prioritari secondo l’US-EPA.

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).

Nel presente rapporto sono riportati nel dettaglio i risultati conseguiti nel 2° semestre 2019, brevemente commentati con quelli del 1° semestre nella sezione “Considerazioni di

sintesi”. Per i precedenti consultare Fabi *et al.*, 2015b, 2016b, 2016c, 2017b, 2017c, 2018, 2019a, 2019b e Spagnolo *et al.*, 2020b.

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

Le peliti (materiale inferiore a 63 μ) sono state fatte decantare ed essiccare in stufa a 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.

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

La determinazione degli IPA è stata effettuata mediante gas cromatografia utilizzando un Gas cromatografo doppia colonna (All. A2-VI). I componenti della miscela (IPA), separati

tra loro, sono stati rilevati con la tecnica FID (rilevatore ionizzazione di fiamma), che consente di valutare i tempi di ritenzione e l'ampiezza dei picchi relativi. Il limite di rilevabilità dello strumento è 0,2 µg/kg.

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

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

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

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg/kg di sostanza secca: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, 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 HNO₃, 1 ml di HCl e 4 ml di H₂O.

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**, **nicel**, **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 HNO₃, 3 ml di HCl (acidi concentrati). Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua Millipore.

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_3 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 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°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 HNO₃ 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 °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°C) che sono stati successivamente posti in muffola a 375°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 2×10^3 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_{50} , 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 (2×10^3 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. ≤ 3	3 < S.T.I. ≤ 6	6 < S.T.I. ≤ 12	S.T.I. > 12

2.2.3.3 *Corophium orientale*

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

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

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

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

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

Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg/l CdCl_2 .

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, 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
$15\% < M \leq 30\%$	Bassa
$30\% < M \leq 60\%$	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 EC₅₀, qualora la distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC₅₀ sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione $TU = 100 / EC_{50}$. Al dato di tossicità è stato associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-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:

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

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

2.2.4. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

2.2.4.1 Ricerca di metalli pesanti

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

dovrebbe superare il 10%.

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

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

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

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

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

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

2.2.4.2 Biomarker

Sono stati ricercati i seguenti biomarker:

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

Estrusione 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 + 4°C per 5'. I vermi vengono successivamente prelevati e la soluzione con le cellule estratte centrifugata a 100 g x 2' a 4°C per eliminare eventuali particelle solide e una volta trasferito il surnatante 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 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), aggiungendo 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 che il solvente è evaporato i preparati sono stati colorati per 10' con colorante di Giemsa (5%). Successivamente, i vetrini sono stati sciacquati due volte per 1' 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:

$$\text{Frequenza di micronuclei (\%)} = n$$

Valutazione dell'attività dell'enzima catalasi - La valutazione è stata effettuata per via spettrofotometrica secondo il metodo Bouraoui *et al.* (2009) misurando il tasso di decomposizione dell'H₂O₂ 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 H₂O₂ e 750 µl di tampone fosfato.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati espressi come nmoli di H₂O₂ 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 μ l) viene spottata su vetrino (2 spots da 50 μ l) pulito e prepolilisinato. Le cellule vengono lasciate aderire per 20' in camerette umide al buio e alla temperatura di 20°C. Successivamente i preparati vengono dapprima lavati con soluzione di Hanks e successivamente incubati con 100 μ l di soluzione di lavoro Neutral Red (0,2 mg/ml) per 20'. I preparati vengono successivamente sciacquati due volte con soluzione di Hanks e dopo il posizionamento del copri vetrino posti sotto la luce del microscopio invertito ad un fattore di magnificazione 400X. Le cellule vengono osservate ad intervalli di 15' per 90'. L'endpoint viene raggiunto quando per almeno il 50% delle cellule osservate si nota il pencolamento del colorante lisosoma affine Neutral Red nel citoplasma cellulare.

Elaborazioni dei dati - I risultati vengono 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 μ l) viene spottata su vetrino (2 spots da 50 μ l) pulito e prepolilisinato. Le cellule vengono lasciate aderire per 20' in camerette umide al buio e alla temperatura di 20°C. Successivamente i preparati vengono 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 vengono successivamente incubati con albumina, sciacquati due volte con soluzione di Hanks e successivamente a posizionamento del copri vetrino posti sotto la luce fluorescente (filtro rodamina) del microscopio invertito ad un fattore di magnificazione 400X. L'emissione fluorescente viene catturata dalla telecamera e 20 immagini/individuo vengono registrate.

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 minuti per ottenere un surnatante contenente le metallotionine. 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 metallotionine sono espressi in nmol Mda g⁻¹ 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 stata testata su sezioni di tessuto sciacquate tre volte da 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 / pixels².

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,

nicel, 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 triturato 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 ottinimento di due distinte frazione; 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 rivelatore 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 (C₅ H₁₂) e n-decano (C₁₀ H₁₂) inclusi

(b) *Analisi frazione estraibile*: una aliquota del campione è triturata, 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 (C₁₀ H₂₂) e del n-tetracontano (C₄₀ H₈₂) 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 rilevatore a fiamma (FID)

L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-alcani (dal C₁₅ al C₃₁, 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-C₂₀) e la frazione ad alto peso molecolare (>n-C₂₁): tale rapporto è circa uguale a 1 nei prodotti da petrolio, nelle alghe e nel plancton, mentre si abbassa in batteri, animali marini, piante superiori e sedimenti;
- il Carbon Preference Index (CPI), dato dal rapporto tra le n-paraffine a numero dispari di atomi di carbonio e quelle a numero pari di atomi di carbonio. Anche tale indice in prodotti derivanti dal petrolio presenta valori prossimi all'unità, mentre aumenta se sono presenti idrocarburi d'origine biologica. Questo è dovuto al fatto che molti organismi (batteri, alghe, piante superiori, ecc.) sintetizzano preferenzialmente idrocarburi a numero dispari di atomi di carbonio.

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

inviata 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.

Tab. 2-IX - Batteria di biomarkers eseguiti sui mitili raccolti presso la piattaforma Bonaccia 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>		
	Catalasi (attività enzimatica - presenza di contaminati organici ossigeno reattivi)	Test dei micronuclei (genotossicità complessiva).	q-PCR
Sopravvivenza in aria	Malondialdeide (stress ossidativo - presenza di contaminati organici)		
	Metallotioneine (presenza di elementi in tracce)		
<i>Livello cellulare</i>	<i>Livello cellulare</i>		
Stabilità delle membrane lisosomiali	Livelli di lipofuscine (stress ossidativo)		
	Livelli di lipidi neutri (presenza di contaminati organici)		

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.

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 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 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 μm^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 μm 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 alcol 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 μm^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 $\mu\text{l}/\text{ml}$ 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 $\mu\text{g}/\text{mL}$, pepstatina 0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Dopo centrifugazione a 100.000 $\times\text{g}$ 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, $\epsilon=0,04$ $\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$ (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 H₂O₂ 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, β -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 μ 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 µg 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 µl 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 template. 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 e analizzare l'evoluzione temporale delle comunità, 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 dicembre 2020) 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 periodo di survey, sia la Ricchezza specifica totale media (S_{totm}). È stata inoltre calcolata la Ricchezza specifica media stagionale (S_{mstag}).

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 singolo campionamento in tutti i tre siti per determinare sia il valore totale medio (H'_{totm}), sia le medie stagionali (H'_{mstag}).

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

Per confrontare i risultati ottenuti per i suddetti indici e per i dati di cattura in numero e peso dei principali gruppi di specie nei cinque anni di campionamento e nei tre siti, è stato effettuato un confronto statistico utilizzando un’analisi della varianza a una via bilanciata a fattori fissi (Lindman, 1992). Inoltre, l’iterazione tra i fattori è stata studiata utilizzando una ANOVA a due vie. Prima di svolgere l’analisi statistica, sono stati applicati i test di Shapiro-Wilk e Levene per verificare rispettivamente la distribuzione normale dei dati e l’omogeneità delle varianze. Al fine di ridurre l’influenza dei valori di cattura elevati ma saltuari in numero e in peso è stata testata e applicata la trasformazione logaritmica [$\log_{10}(x+1)$]. Quando anche questa trasformazione non è risultata sufficiente al rispetto delle precedenti ipotesi, il confronto statistico è stato effettuato tramite il test non parametrico di Kruskal-Wallis (Zar, 1984).

Quando i test ANOVA o Kruskal-Wallis sono risultati significativi, i confronti multipli tra i vari livelli del fattore studiato sono stati calcolati utilizzando rispettivamente il test HSD di Tukey o il Dunn test (Dunn, 1964).

Al fine di comparare l’intero fish assemblage rinvenuto nelle tre aree monitorate è stata effettuata un’analisi multivariata su permutazioni a due vie (PERMANOVA; Anderson

2001), per testare l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra le catture dei tre siti. Questa analisi è basata su una matrice di dissimilarità di Bray-Curtis, calcolata sui dati di abbondanza di ciascuna specie trasformati per radice quarta. Quando il test precedente è risultato significativo, i confronti multipli tra i vari livelli del fattore studiato sono stati calcolati utilizzando il pairwise test.

La Principal Coordinate analysis (PCO; Anderson 2001), calcolata sulla base della matrice di Bray-Curtis utilizzata nella precedente analisi, è stata applicata come metodo di ordinamento per visualizzare le differenze nel popolamento dei tre siti. Su questa rappresentazione sono stati sovrapposti i vettori di correlazione delle 10 specie che influenzano maggiormente la distribuzione dei vari punti.

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 strenght* (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).

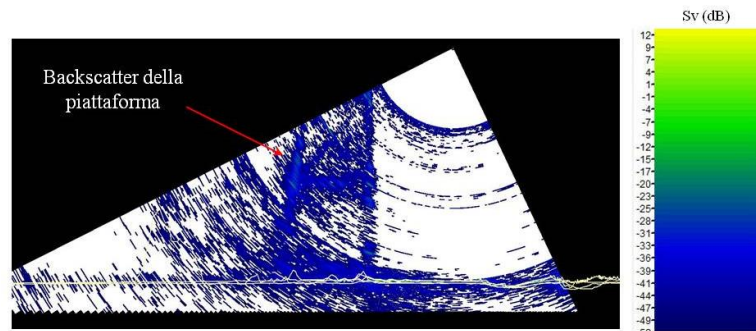


Fig. 2.11 - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma Bonaccia NW. Il forte *backscatter* dovuto alla presenza della struttura e lo *scattering* omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma e/o tra i pali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

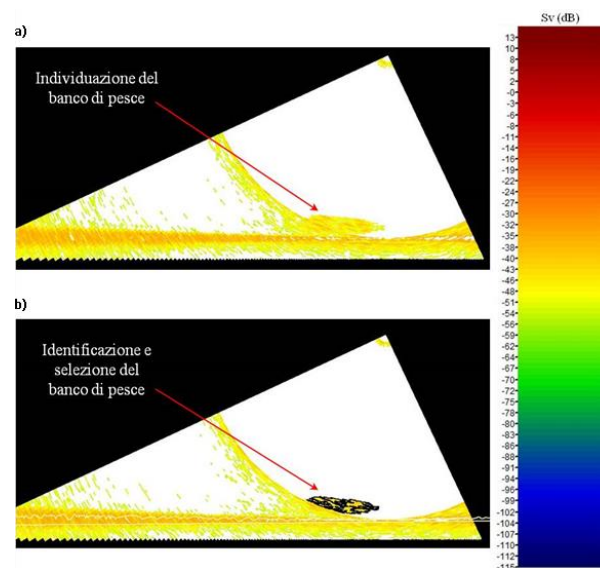


Fig. 2.12 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echoview. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del *target* tramite la procedura *Target detection*. La scala a colori sulla destra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

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 Bonaccia NW.

In questo rapporto si descrivono i risultati conseguiti nel 2° semestre 2019. I precedenti sono disponibili in Fabi *et al.*, 2016c, 2017b, 2018, 2019a e 2019b e in Spagnolo *et al.*, 2020b.

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 ²	Superficie del target (include la superficie di eventuali vacuoli individuati all'interno del target).
Lunghezza NS	m	Lunghezza massima del target lungo l'asse Nord-Sud.
Lunghezza EW	m	Lunghezza massima del target lungo l'asse Est-Ovest.
Profondità minima	m	Profondità minima del target.
Profondità massima	m	Profondità massima del target.
Altezza	m	Altezza del target (dalla profondità massima alla profondità minima).
Volume	m ³	Volume del target (non include il volume di eventuali vacuoli individuati all'interno del target).
Centro geometrico (LAT)	gradi	Latitudine del punto geometrico centrale del target.
Centro geometrico (LONG)	gradi	Longitudine del punto geometrico centrale del target.
Centro geometrico profondità	m	Profondità del punto geometrico centrale del target.
Ruvidità	m ⁻¹	Superficie del target diviso il volume del target.
n. vacuoli	-	Numero di vacuoli individuati all'interno del target.
Volume totale vacuoli	m ³	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 ⁻¹	Volume backscatter strength all'interno del target.
n. campioni	-	Numero di campioni validi all'interno del target.
n. ping	-	Numero di ping analizzati che intersecano il target.
n. beam	-	Numero di beam analizzati che intersecano il target.
Sv minimo	dB re 1 m ⁻¹	Valore minimo del <i>volume backscatter strength</i> all'interno del target.
Sv massimo	dB re 1 m ⁻¹	Valore massimo del <i>volume backscatter strength</i> all'interno del target.
Densità	Kg m ⁻³	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.

2.2.8. ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)

I dati sono stati elaborati in un modello di analisi di rischio (SediquaSoft) basato su un approccio quantitativo del tipo Weight Of Evidence (WOE), in grado di integrare i risultati ottenuti da diverse tipologie di indagine (o linee di evidenza, LOEs), nella valutazione di rischio ecologico. Questo modello contiene specifici algoritmi e diagrammi di flusso che, sulla base di precisi obiettivi ed assunzioni da giudizio esperto, permettono di applicare criteri di integrazione ponderata ad ampi data-sets di dati ottenuti fino a 5 linee di evidenza: caratterizzazione chimica dei sedimenti (LOE-1), biodisponibilità dei contaminanti in organismi bioindicatori (LOE-2), effetti subletali misurati tramite batterie di biomarker (LOE-3), effetti tossici misurati tramite applicazione di saggi ecotossicologici (LOE-4), analisi delle comunità bentoniche (LOE-5). Ciascuna linea di evidenza è stata sviluppata all'interno di un singolo modulo in grado di fornire per ciascuna tipologia di dati sia un indice quantitativo di pericolo (HQ, Hazard Quotient), che un giudizio sintetico del livello di pericolo (suddiviso in 5 classi da assente a molto alto). Queste procedure di calcolo sono state ulteriormente sviluppate all'interno di un Software dedicato che, nonostante l'elaborazione di dati complessi in indici sintetici, mantiene tuttavia informazioni di grande importanza e valore scientifico utili per eventuali approfondimenti. Il modello SediquaSoft prevede poi un modulo di elaborazione finale WOE che integra le diverse linee di evidenza, dando un peso diverso in funzione della loro rilevanza ai fini dell'indagine, per arrivare alla valutazione sia quantitativa che qualitativa del Rischio Ecologico (Piva *et al.*, 2011; Regoli *et al.*, 2019). Nel presente studio sono stati integrati i risultati relativi a 5 linee di evidenza (LOE 1 - caratterizzazione chimica dei sedimenti; LOE 2 - biodisponibilità dei contaminanti, bioaccumulo; LOE 3 - effetti subletali misurati tramite batterie di biomarker; LOE 4 - effetti tossici misurati tramite applicazione di saggi ecotossicologici; LOE 5 - analisi delle comunità bentoniche); i principali criteri scientifici e i relativi flow-charts sviluppati per queste 5 LOEs nell'ambito del modello SediquaSoft sono di seguito riportati.

LOE1 - Caratterizzazione chimica dei sedimenti - Per la elaborazione dei dati relativi alle concentrazioni delle sostanze chimiche nei sedimenti, i criteri di integrazione ponderata elaborano un indice di pericolo complessivo che, nei confronti di diversi riferimenti normativi o standard di qualità ambientale (SQA) per i sedimenti, considera il numero dei contaminanti che eccedono il riferimento specifico, la pericolosità di tali parametri, e

l'entità degli sforamenti rispetto ai limiti previsti. Viene dunque abbandonata la logica del mero superamento del valore tabellare, anche minimo e da parte di un unico parametro, come principio fondamentale per la classificazione chimica.

Tutti i parametri chimici di cui è prevista l'analisi, hanno un "peso" (da 1 a 1,3) a seconda che non siano contemplati dalla Direttiva 2013/39/UE (peso 1) o che, al contrario, siano inseriti nella lista delle sostanze "prioritarie" (peso 1,1) o in quella delle sostanze "pericolose e prioritarie" (peso 1,3). Il diverso peso assegnato ai vari composti ha lo scopo di conferire una maggiore rilevanza nella classificazione chimica dei sedimenti alla variazione di quegli inquinanti che siano caratterizzati da una più elevata tossicità, tendenza al bioaccumulo e persistenza nell'ambiente.

L'elaborazione dei dati chimici inizia con il confronto delle concentrazioni misurate per ciascun parametro rispetto ai valori indicati nei riferimenti normativi o SQA adottati in funzione dell'obiettivo di protezione scelto. In questo studio i riferimenti utilizzati per i vari parametri chimici sono quelli relativi agli Standard di Qualità Ambientale riportati nel D. Lgs 172/2015, ed i limiti L1 e L2 previsti dal DM 173/2016 sulla caratterizzazione e classificazione della qualità dei sedimenti marini soggetti ad attività di movimentazione. In funzione del riferimento, per ciascun parametro chimico analizzato, viene calcolata la variazione rispetto al limite, ovvero il Ratio To Reference (RTR) (equazione 3 del flow-chart di fig. 2.13); il valore di RTR viene corretto in funzione del "peso" del contaminante per ottenere un valore di RTR_w (equazione 4), al fine di enfatizzare l'importanza delle variazioni osservate per i contaminanti più pericolosi. Il calcolo dell'indice di pericolo quantitativo (Hazard Quotient), specifico per la caratterizzazione chimica dei sedimenti (HQ_C), è ottenuto dalla media di tutti gli RTR_w dei parametri con RTR ≤ 1 (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato con la sommatoria Σ degli RTR_w di tutti i contaminanti con RTR > 1 (equazione 5), dove N e M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente ≤ o > 1, mentre j e k sono indici che permettono di ripetere il calcolo per N o M volte.

Con tale procedura di calcolo, l'indice di pericolo chimico (HQ_C) varia in funzione del numero di parametri che superano i riferimenti (i cui RTR_w sono addizionati nella sommatoria Σ), dell'entità del superamento e della tipologia dei contaminanti. La scelta di non calcolare l'HQ_C come media degli RTR_w di tutti i parametri chimici analizzati (indipendentemente dalle loro variazioni), permette di evitare che il pericolo chimico

legato ad alcuni contaminanti possa essere abbassato dall'analisi di molti altri composti che non superano i propri limiti e che, nel calcolo di un valore mediato, andrebbero a "diluire" il contributo di poche sostanze. In assenza di parametri che superano i propri limiti normativi, l'indice HQ_C è in grado di discriminare anche sedimenti solo moderatamente inquinati, con parametri che presentano concentrazioni vicine ai valori di riferimento.

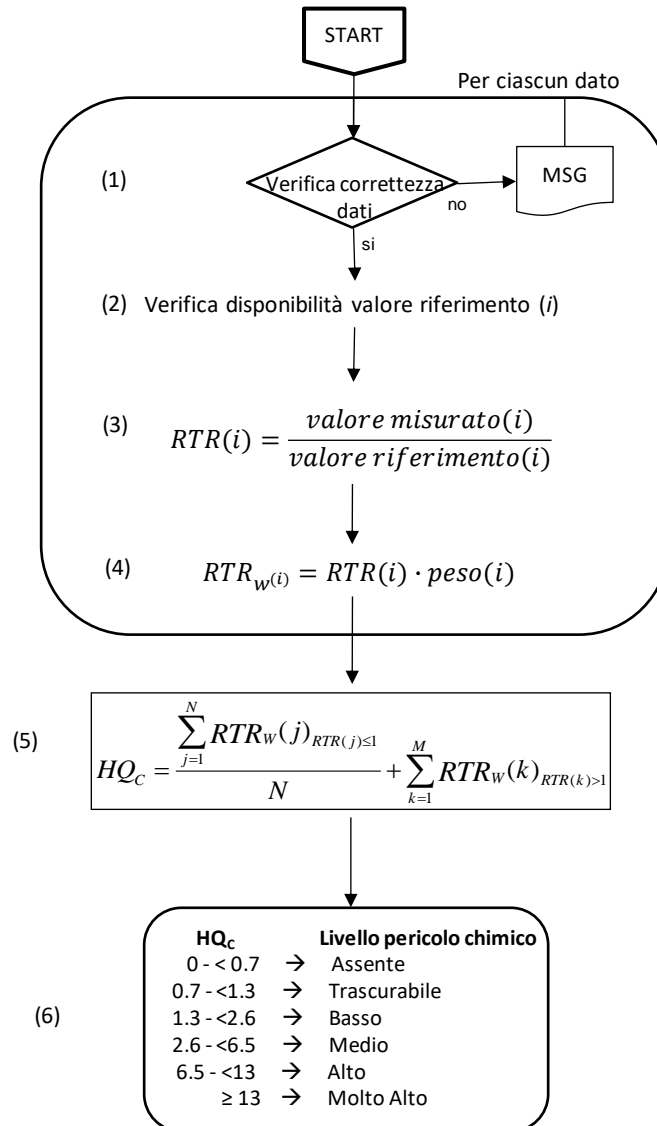


Fig. 2.13 - Procedura per l'elaborazione dei dati di caratterizzazione chimica dei sedimenti (LOE 1).

L'indice chimico HQ_C è assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore (Tab. 2-XVII). Poiché la procedura di calcolo non cambia in funzione del tipo di riferimento scelto per il confronto, i dati chimici vengono elaborati

contemporaneamente per ottenere un valore di HQ_C ed una classe di pericolo chimico nei confronti di più riferimenti (es. SQA, L1 e L2).

Tab. 2-XVII – Livelli di pericolo chimico e relativi indici chimici (HQ_C).

Assente	$HQ_C < 0,7$
Trascurabile	$0,7 \geq HQ_C < 1,3$
Basso	$1,3 \geq HQ_C < 2,6$
Medio	$2,6 \geq HQ_C < 6,5$
Alto	$6,5 \geq HQ_C < 13$
Molto alto	$HQ_C \geq 13$

LOE2 - Bioaccumulo - L'elaborazione dei dati di biodisponibilità è fondamentale in quanto permette di stabilire il pericolo associato al possibile trasferimento di contaminanti ambientali al comparto biotico. Nel calcolo del pericolo biodisponibilità (HQ_{BA}), per ciascun parametro viene calcolata la variazione di concentrazione rispetto ai controlli (RTR), corretta ancora una volta in funzione della tipologia del contaminante e della significatività statistica delle differenze (RTRw). La significatività statistica della variazione rispetto ai controlli viene pesata applicando il coefficiente Z, calcolato in funzione del valore ottenuto dal test T per dati con varianza disomogenea (punto 4 del flow chart di fig. 3.14). Il coefficiente Z ha un valore pari a 1 (nessuna riduzione dell'effetto) quando il campione risulta significativamente diverso dal controllo ($p < 0,05$), mentre decresce con il diminuire della significatività, passando in maniera lineare da 1 a 0,5 quando p cresce da 0,05 a 0,06; per valori di p superiori a 0,06, il coefficiente Z diminuisce rapidamente in maniera non lineare fino a 0,2 quando p tende a 1. Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un parametro la cui variazione media non sia statisticamente significativa, ma non ne elimina completamente il contributo al calcolo dell' HQ_{BA} .

A seconda dell'entità della variazione, che considera anche la variabilità naturale delle concentrazioni tissutali dei contaminanti, i singoli parametri analizzati vengono attribuiti a una di 5 classi di effetto (da assente a molto alto; punto 6 del flow chart di fig. 3.14). Il valore cumulativo di HQ_{BA} viene poi calcolato senza considerare i parametri con RTRw $< 1,3$ (effetto assente), facendo la media per quelli con RTRw tra 1,3 e 2,6 (effetto basso), e sommando (Σ) tutti gli RTRw $> 2,6$ (effetti medio, alto e molto alto): in funzione della

distribuzione % dei parametri nelle varie classi di effetto, il modello indica la classe complessiva di pericolo per la biodisponibilità.

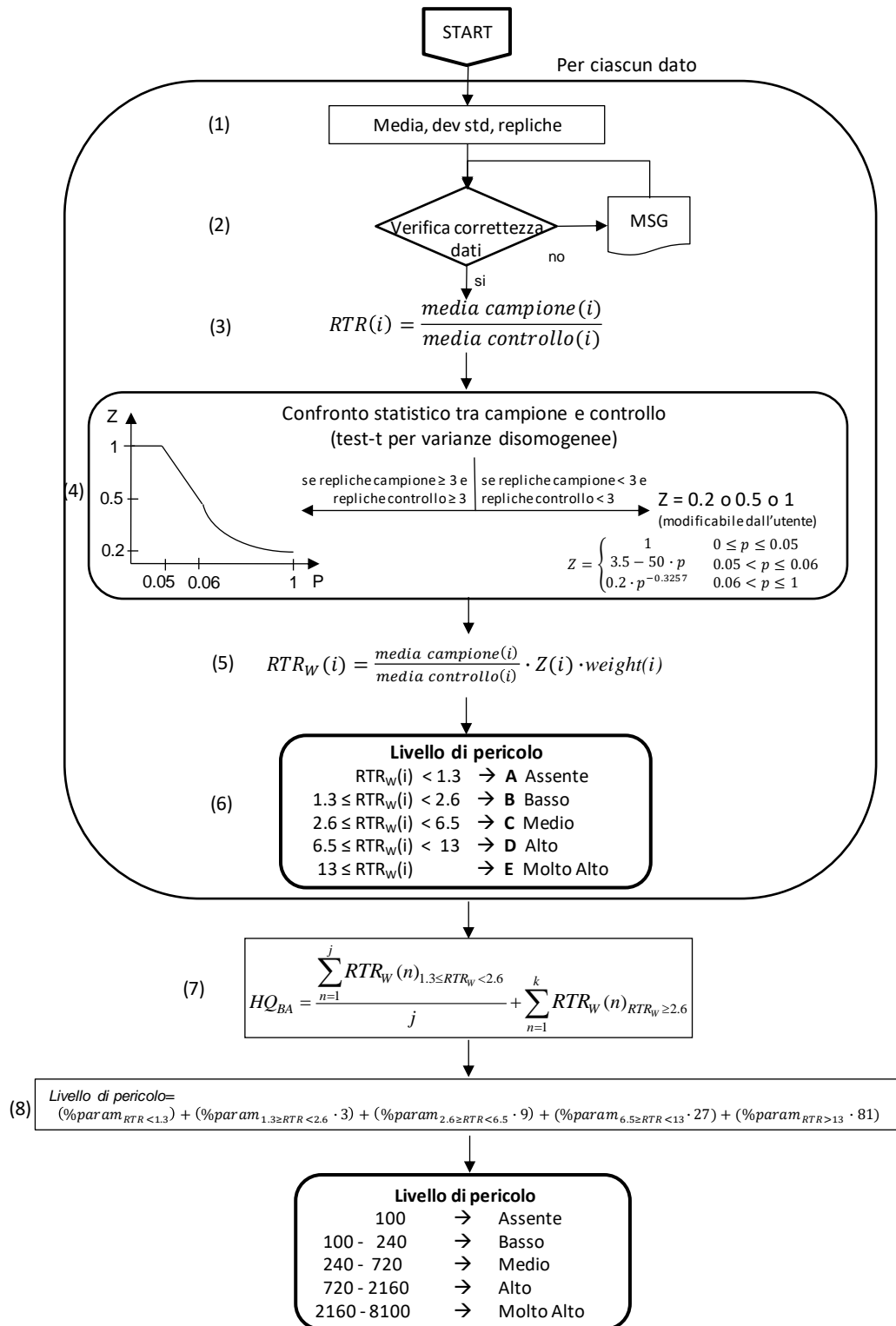


Fig. 3.14 - Procedura per l'elaborazione dei dati di bioaccumulo negli organismi (LOE 2).

LOE3 - Analisi Biomarker - Il modulo sulle analisi dei Biomarker può elaborare i risultati ottenuti da un'ampia lista di biomarker tra quelli maggiormente utilizzati dalla comunità scientifica. A ciascun biomarker è associato un peso diverso (tra 1 e 3) a seconda della rilevanza biologica della risposta e del livello di conoscenze sui meccanismi coinvolti; per ciascun biomarker inoltre, in funzione della specie e del tessuto, è stabilita anche una soglia di variazione biologicamente significativa (*Threshold*) che tiene conto delle possibili risposte bi-fasiche di certi biomarker che possono essere sia indotti che inibiti. Per garantire un approccio multi-biomarker, il modello richiede alcuni requisiti minimi in termini di numero ed importanza dei biomarker analizzati. Per calcolare l'indice cumulativo di pericolo per i biomarker HQ_{BM} (flow chart di fig. 2.15), la variazione misurata per ciascun biomarker è confrontata con la soglia specifica e corretta sia per l'importanza biologica della risposta, che per la significatività statistica della differenza rispetto al controllo applicando il coefficiente Z già descritto per l'elaborazione dei dati di biodisponibilità. Ogni biomarker è quindi assegnato ad una classe di effetto (da assente a molto alto) a seconda dell'entità della variazione rispetto alla soglia: assente o basso se $E < 1$, medio con E compreso tra 1 e 2, alto se E è tra 2 e 3, molto alto per i biomarker con $E > 3$. I risultati di tutti i biomarker sono diversamente pesati nel calcolo del pericolo cumulativo HQ_{BM} , che non considera il contributo dei biomarker con effetto assente o basso, calcola la media degli E_w per le risposte con effetto moderato e addiziona (Σ) gli E_w delle risposte con effetto alto o molto alto. L'attribuzione di una di 5 classi di gravità deriva dalla distribuzione percentuale delle risposte dei biomarker nelle 5 classi di effetto. Il modello indica il numero di biomarker all'interno di ciascuna delle 5 classi, il valore di pericolo cumulativo HQ_{BM} e la classe di pericolo complessivo per i biomarker.

LOE4 - Saggi Ecotossicologici - I criteri di integrazione ponderata per i risultati ecotossicologici considerano aspetti importanti e caratteristiche specifiche dei saggi biologici utilizzati nella batteria, tra cui la rilevanza tossicologica della risposta biologica misurata, l'entità e la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo, la sensibilità della specie testata, la tipologia di esposizione (acuta o cronica) e la matrice testata. In questo senso, per ciascuno dei saggi considerati nelle diverse tipologie di batterie è prevista una "soglia" di effetto, che rappresenta la variazione minima ritenuta biologicamente significativa per ciascuna condizione sperimentale, e dei "pesi" che

vengono attribuiti a ciascun saggio in funzione della rilevanza biologica dell'end-point misurato, della durata dell'esposizione, della matrice testata.

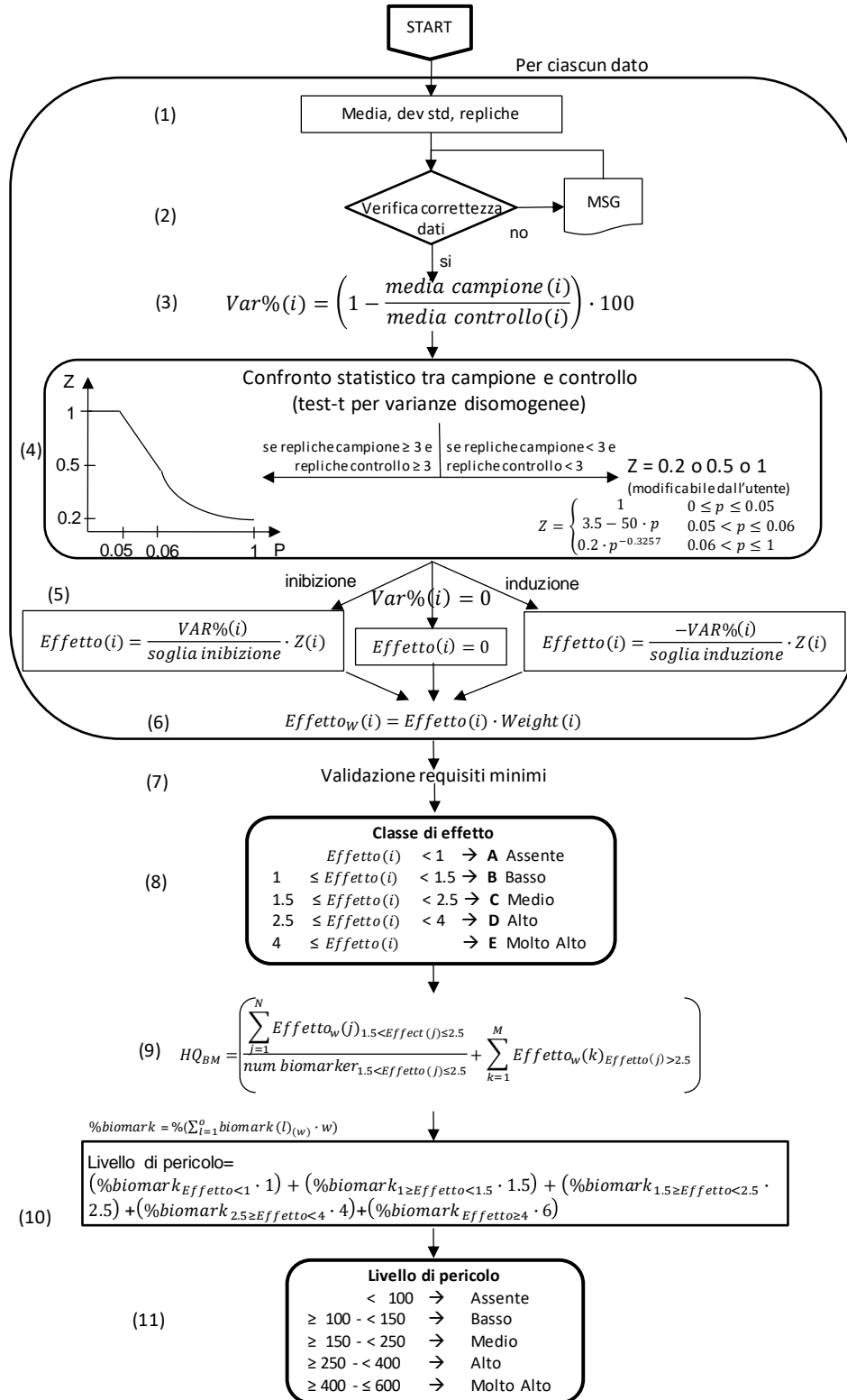


Fig. 2.15 - Procedura per l'elaborazione dei dati dei biomarker (LOE 3).

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l'integrazione dei risultati e la formulazione del giudizio di tossicità di cui è riportato uno schema complessivo nella fig. 2.16:

- dopo la verifica dei dati, per ciascun saggio biologico viene calcolato l'effetto (E_i), inteso come variazione percentuale dell'endpoint misurato e compensato tramite la correzione di Abbott rispetto alle variazioni osservate nel controllo (equazione 2 del flow chart di fig. 2.16);
- l'effetto E_i viene corretto in base alla significatività statistica della variazione rispetto ai controlli, applicando il coefficiente Z già descritto per l'elaborazione dei dati di biodisponibilità (punto 3). Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un saggio non statisticamente significativo, ma non ne elimina completamente il contributo alla batteria;
- ciascun effetto (E_i) moltiplicato per il suo coefficiente Z , viene rapportato con la "soglia" specifica per quel saggio (equazione 4); l'effetto corretto (E_{iw}) così ottenuto indica di quante volte la variazione misurata in un saggio supera quella ritenuta biologicamente rilevante;
- solo per determinati saggi, quando sia possibile ottenere un eventuale effetto ormetico, viene assegnato un valore di E_{iw} pari a 0 se l'effetto ormetico è $<40\%$, 1,25 se l'effetto ormetico è $>40\%$ ma $<100\%$, pari a 1,5 se l'effetto ormetico è $>100\%$;
- l'indice di pericolo complessivo della batteria di saggi ecotossicologici (Hazard Quotient, $HQ_{Batteria}$) viene calcolato come sommatoria degli effetti pesati (E_{iw}) dei singoli saggi (equazione 5 del flow-chart), ulteriormente corretti secondo il fattore W_2 che corrisponde al prodotto dei pesi assegnati in funzione della rilevanza biologica dell'endpoint considerato, della rilevanza ecologica della matrice testata, della esposizione acuta o cronica degli organismi.
- Per l'attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici, il valore ottenuto per l'indice $HQ_{Batteria}$ è normalizzato ad una scala compresa tra 0 e 10 (equazione 6), dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria (cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi della batteria mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia) e 10 corrisponde al valore massimo della batteria (quando tutti i saggi mostrano il 100% di effetto). A seconda del valore dell' $HQ_{Batteria}$

normalizzato, il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore (Tab. 2-XVIII e punto 6 del flow chart della fig. 2.16).

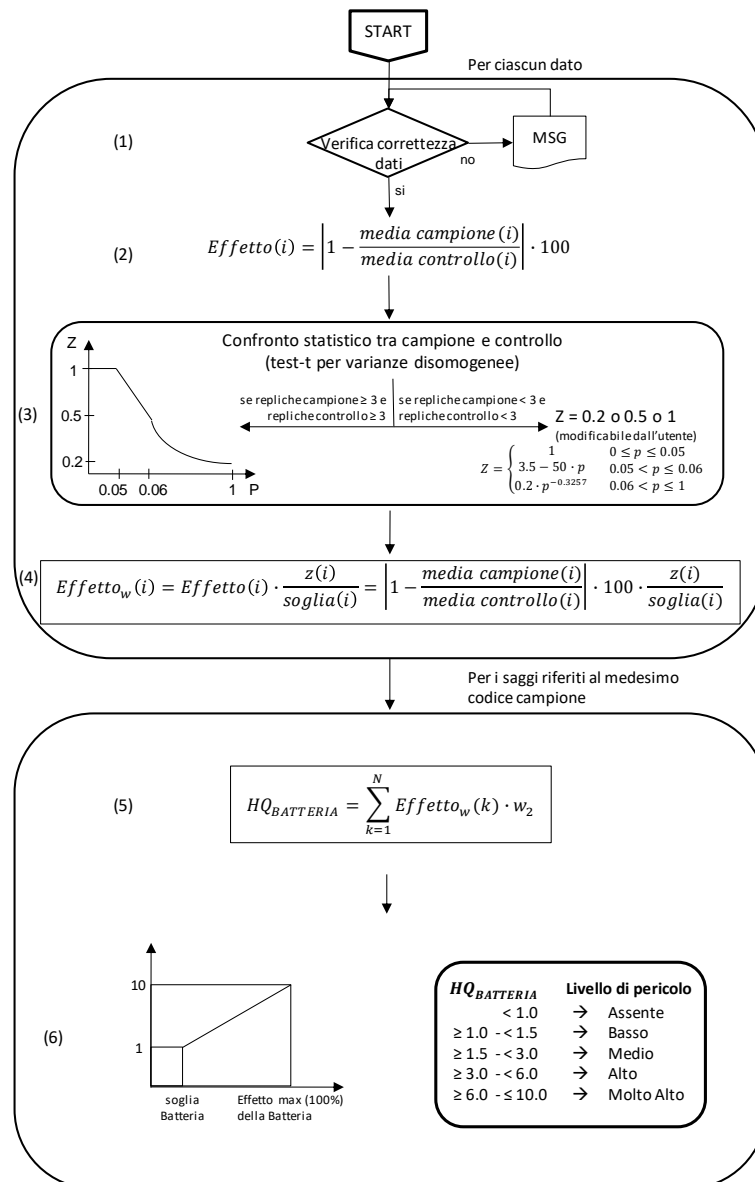


Fig. 2.16 – Procedura per l'elaborazione dei dati dei saggi ecotossicologici (LOE 4).

Tab. 2-XVIII – Livelli di pericolo ecotossicologico e relativi indici chimici (HQ_{Batteria}).

Assente	HQ _{Batt} < 1
Basso	$1 \geq HQ_{Batt} < 1,5$
Medio	$1,5 \geq HQ_{Batt} < 3$
Alto	$3 \geq HQ_{Batt} < 6$
Molto alto	HQ _{Batt} ≥ 6

LOE5 - Comunità bentoniche - Il modulo di elaborazione dei dati delle comunità bentoniche non prevede nessun indice aggiuntivo rispetto ai numerosi già presenti in letteratura. Dalla lista delle specie e del relativo numero di individui ritrovati, vengono calcolati in automatico i seguenti descrittori di comunità, indici di diversità tassonomica e indicatori ecologici:

- *Densità (N)*
- *Ricchezza specifica (S)*
- *Indice di Margalef (D) o ricchezza specifica (Margalef, 1969)*
- *Diversità di specie o eterogeneità complessiva (H')* (Shannon e Weaver, 1963)

Inoltre il modulo restituisce lo stato ecologico di qualità (*EcoQ*) basato sull'indice di diversità di Shannon-Wiener proposto da Simboura e Zenetos (*EcoQr*; Simboura e Zenetos, 2002) e quello proposto da Vincent (*EcoQII*; Vincent *et al.*, 2002)

- *Equidistribuzione (J)* (Pielou, 1969)
- *AMBI*
- *M-AMBI* (Muxika *et al.*, 2007)
- *BENTIX*
- *BOPA (Benthic Opportunistic Polychaetes Amphipods Index)*(Dauvin e Ruellet, 2007)
- *BITS (Benthic Index based on Taxonomic Sufficiency)* (Mistri e Munari, 2008).

Tutti questi indici sono stati elaborati con il modello Sediqualssoft partendo da una matrice di dati importata da excel che contiene il numero di individui per ogni specie e per ogni campione. Il valore di ogni indice è stato calcolato per ciascuna delle 6 repliche e successivamente è stato calcolato il valore medio per tutti i campioni.

Elaborazione finale Weight Of Evidence WOE - I risultati ottenuti dalle singole LOEs vengono integrati nella fase finale attraverso un classico approccio WOE che attribuisce pesi diversi alle varie tipologie di dati. Dopo la normalizzazione degli indici di pericolo ad una scala comune (fig. 2.17), l'elaborazione complessiva WOE porta ad una caratterizzazione del rischio che fornisce sia un valore quantitativo che una assegnazione qualitativa ad un livello che va da assente a molto alto.

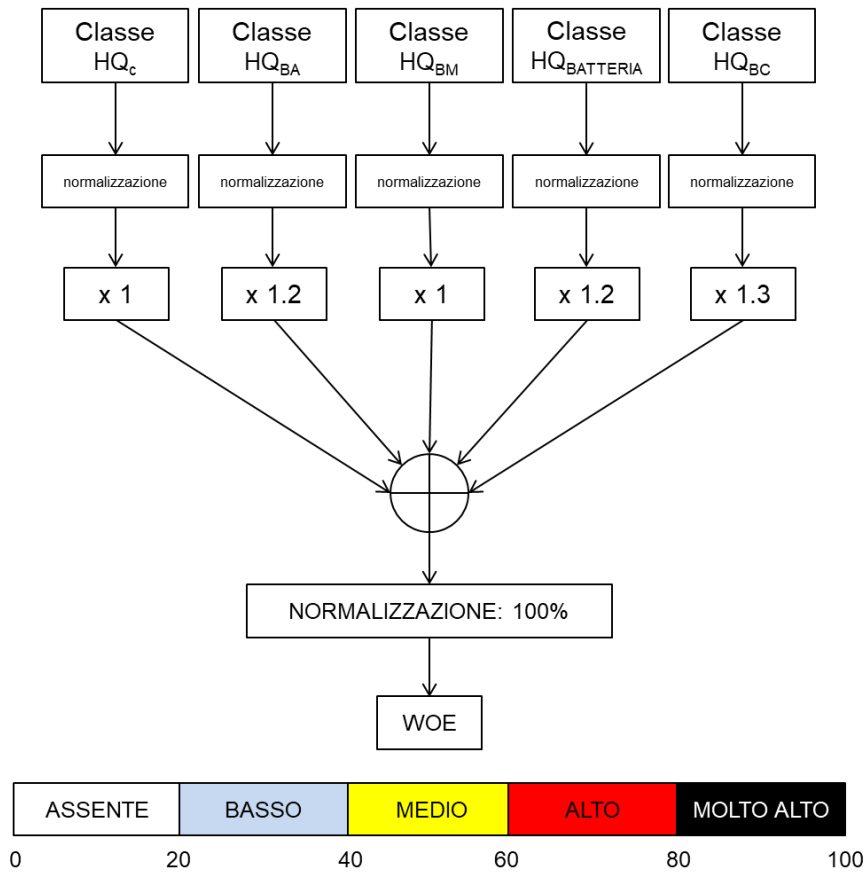


Fig. 2.17 – Procedura per l’elaborazione finale WOE dai risultati delle singole LOE.

3. RISULTATI

3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nel **luglio 2019** (fig. 3.1) la temperatura lungo la colonna d'acqua ha presentato un andamento tipico stagionale, con valori decrescenti dalla superficie (massimo 26,50°C, stazione BO1) al fondo (minimo 12,92°C, stazione BO6) e con un termoclino pronunciato centrato intorno a 20 m di profondità.

Valori generalmente più bassi di salinità sono stati riscontrati in superficie in tutte le stazioni (minimo 37,04 psu, BO5); dopo un aumento fino a circa 20 m di profondità l'andamento è stato piuttosto uniforme sino al fondo (media 38,74±0,05 psu).

Le mappe areali (fig. 3.2) hanno evidenziato un debole gradiente Nord-Sud nella distribuzione di temperatura in superficie, mentre al fondo valori relativamente più alti sono stati registrati nella stazione BO5 (massimo 13,07°C) e valori minimi piuttosto uniformi in quasi tutte le altre stazioni (media 12,93±0,01°C). La salinità in superficie ha mostrato un gradiente pronunciato, con differenze di salinità superiori a 1 psu a Est rispetto a Ovest, mentre al fondo si sono riscontrati valori elevati piuttosto uniformi (media 38,70±0,00 psu), con un massimo registrato nella stazione BO5 (38,71 psu).

La torbidità, determinata come backscattering ed espressa dopo calibrazione in mg l⁻¹ (fig. 3.1), è stata in media 1,0±0,0 mg l⁻¹ fino a circa 70 m di profondità, in rapido aumento verso il fondo (massimo 2,1 mg l⁻¹ a 83 m, stazione BO5).

I profili di ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.1) hanno rivelato una situazione piuttosto uniforme nello strato superficiale (>100%), un picco nelle concentrazioni a circa 20 m (massimo 115,4%, stazione BO7) e valori decrescenti verso il fondo in tutte le stazioni (minimo 82,29% al fondo della BO5).

La fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in µg l⁻¹ di clorofilla, ha fatto registrare valori quasi nulli in superficie e un aumento rilevante da 50 m di profondità fino al fondo in tutte le stazioni (massimo 0,9 µg l⁻¹ a 73 m in BO5; fig. 3.3).

Ad **ottobre** (fig. 3.4) la distribuzione verticale della temperatura ha evidenziato la presenza di uno strato superficiale omogeneo fino a 20 m (media 20,65±0,40°C), seguito da una

stratificazione residuale con valori omogenei in tutte le stazioni eccetto B5 e B8 e da una diminuzione verso il fondo (minimo 14,73°C, stazione BO5).

I profili di salinità sono apparsi piuttosto variabili fino a ~30 m di profondità, con valori minori nelle stazioni prossime alla piattaforma e in quelle di controllo occidentali e valori omogenei e piuttosto elevati nel resto della colonna d'acqua (media 38,94±0,03 psu).

Dalle distribuzioni areali (fig. 3.5) è evidente un debole gradiente Est-Ovest in superficie per la temperatura ($\Delta t < 1^\circ\text{C}$) e per la salinità ($\Delta s \sim 0,6$ psu). Al fondo le differenze in temperatura sono apparse meno importanti ($\Delta t < 0,6^\circ\text{C}$) e la salinità è risultata pressoché omogenea su tutta l'area (media 38,94±0,02 psu).

La torbidità è apparsa omogenea in tutta la colonna d'acqua (media 0,5±0,1 mg l⁻¹; fig. 3.4). La saturazione dell'ossigeno disciolto ha presentato valori piuttosto omogenei dalla superficie al fondo in tutte le stazioni (media 98,4±2,6%), mentre valori >100% sono stati rilevati solo nello strato da 20 a 40 m.

La fluorescenza è risultata molto bassa e omogenea dalla superficie fino a circa 65 m, in deciso aumento fino al fondo in tutte le stazioni (massimo 0,7 µg l⁻¹, stazione BO7; fig. 3.6).

A **dicembre** (fig. 3.7) la temperatura è risultata completamente uniforme fino a circa 70 m di profondità (media 16,93±0,07°C), con valori più bassi ma sempre omogenei nello strato di fondo (media 15,16±0,13°C). L'andamento della salinità è stato analogo, con valori omogenei piuttosto elevati fino a 70 m (media 38,78±0,00 psu) e uno strato di fondo con valori ancora omogenei ma leggermente maggiori (media 38,83±0,01 psu). Le mappe areali (fig. 3.8) hanno confermato una distribuzione pressoché omogenea in superficie e al fondo, sia per la temperatura che per la salinità.

Anche la torbidità è risultata omogenea in tutte le stazioni dalla superficie fino a circa 70 m di profondità (media 0,5±0,0 mg l⁻¹), in rapido incremento verso il fondo dove il massimo di 1,2 mg l⁻¹ è stato registrato nel sito BO8 (fig. 3.7).

La saturazione dell'ossigeno disciolto (fig. 3.7) ha fatto registrare un andamento simile in tutte le stazioni di campionamento, con valori omogenei dalla superficie fino a circa 60 m (media 96,7±0,2%) in rapida diminuzione verso il fondo, dove è stato rilevato uno strato anch'esso omogeneo (media 79,6±0,2%).

I valori della fluorescenza sono stati molto bassi fino a circa 70 (media 0,3 ±0,0 mg l⁻¹) e prossimi allo zero al fondo (fig. 3.9).

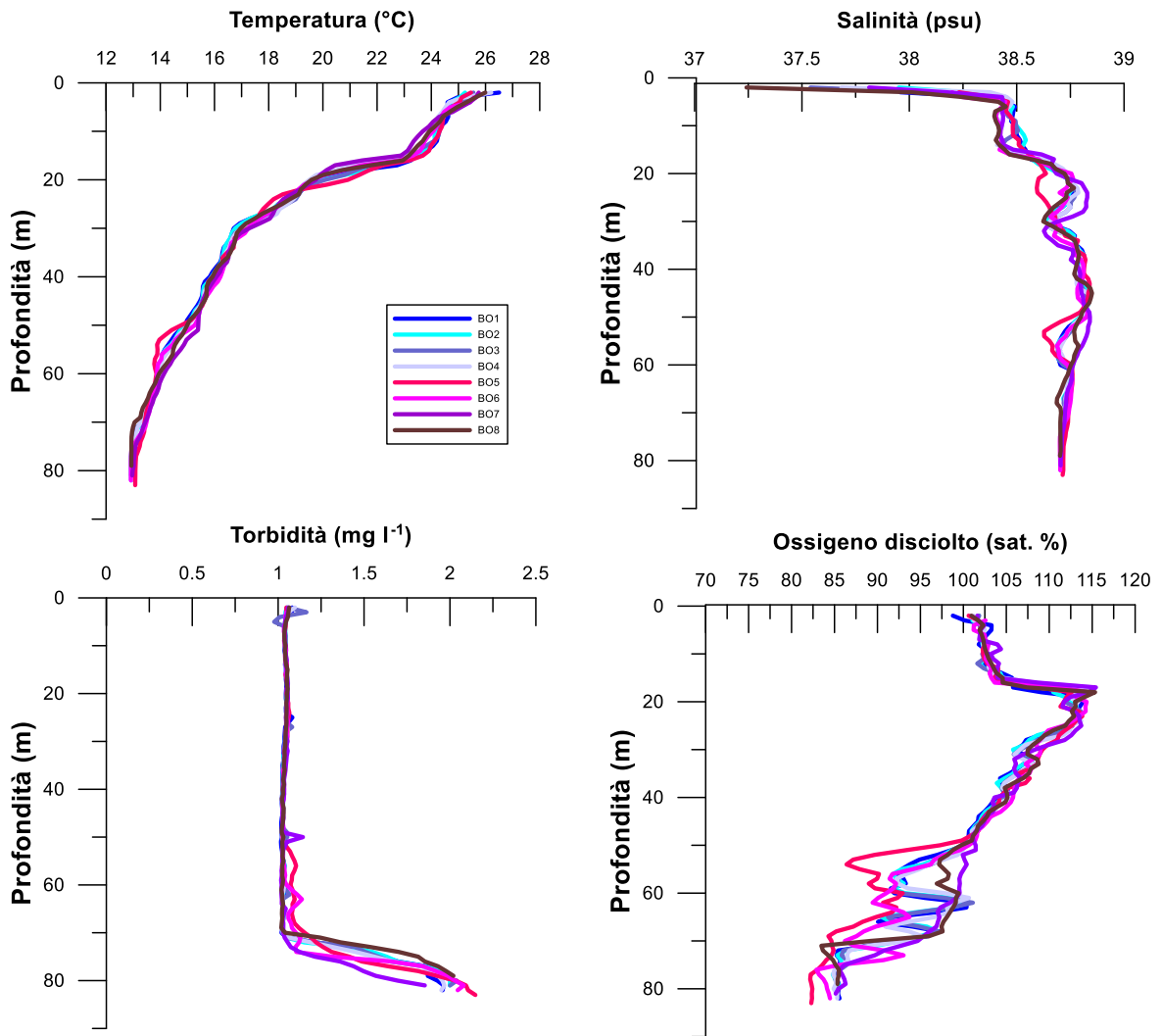


Fig. 3. 1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Luglio 2019.**

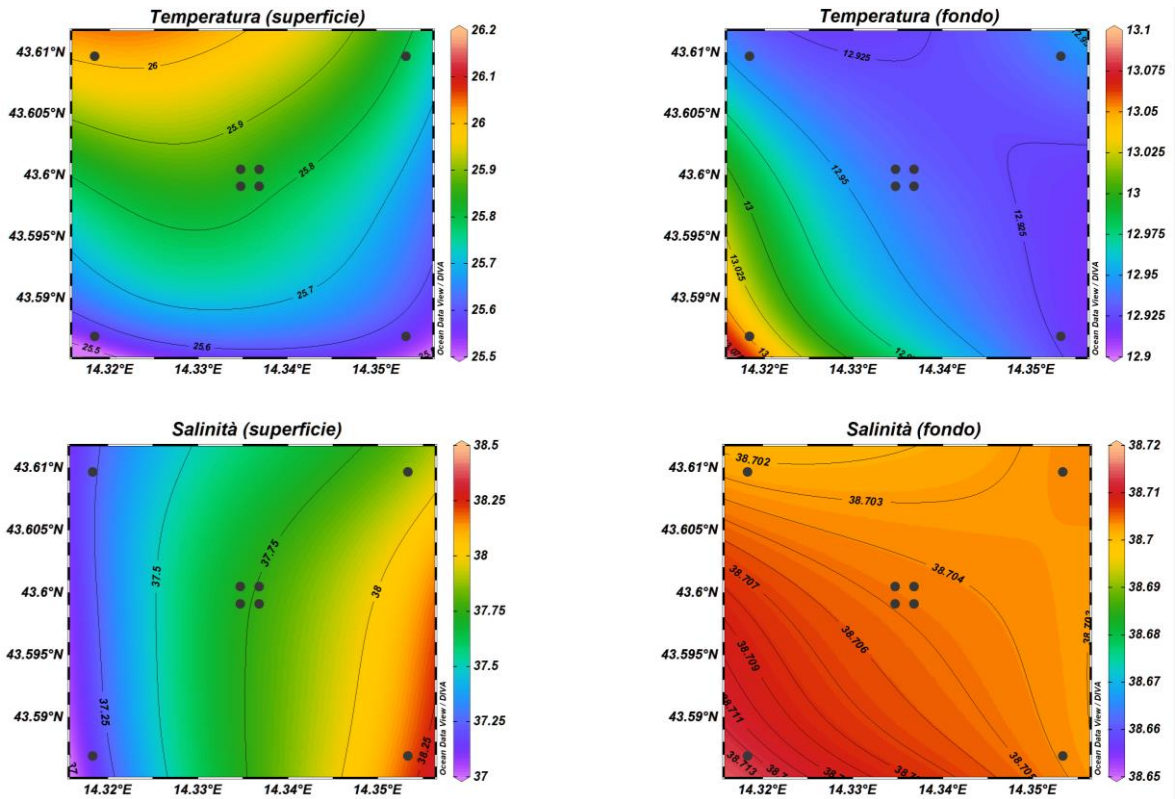


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Luglio 2019**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

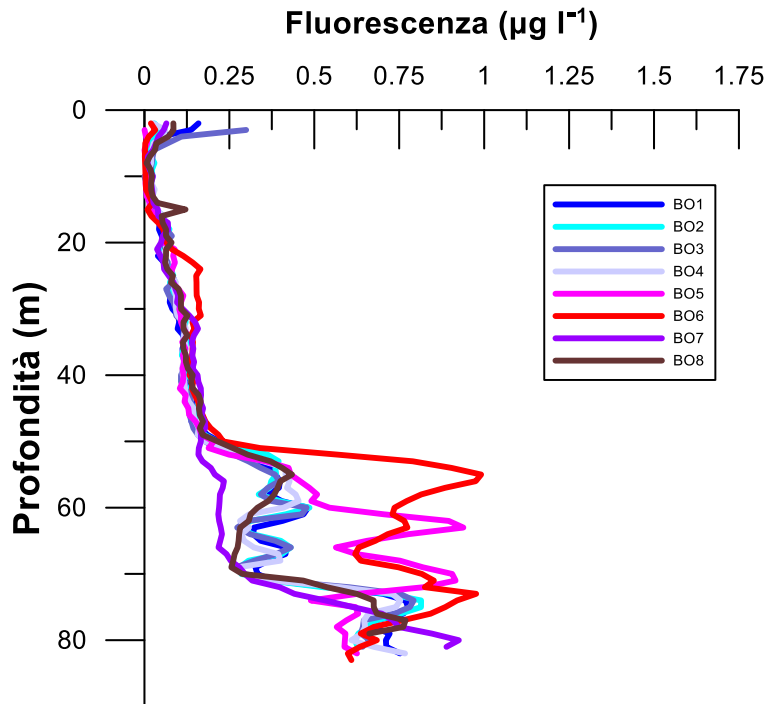


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Luglio 2019**.

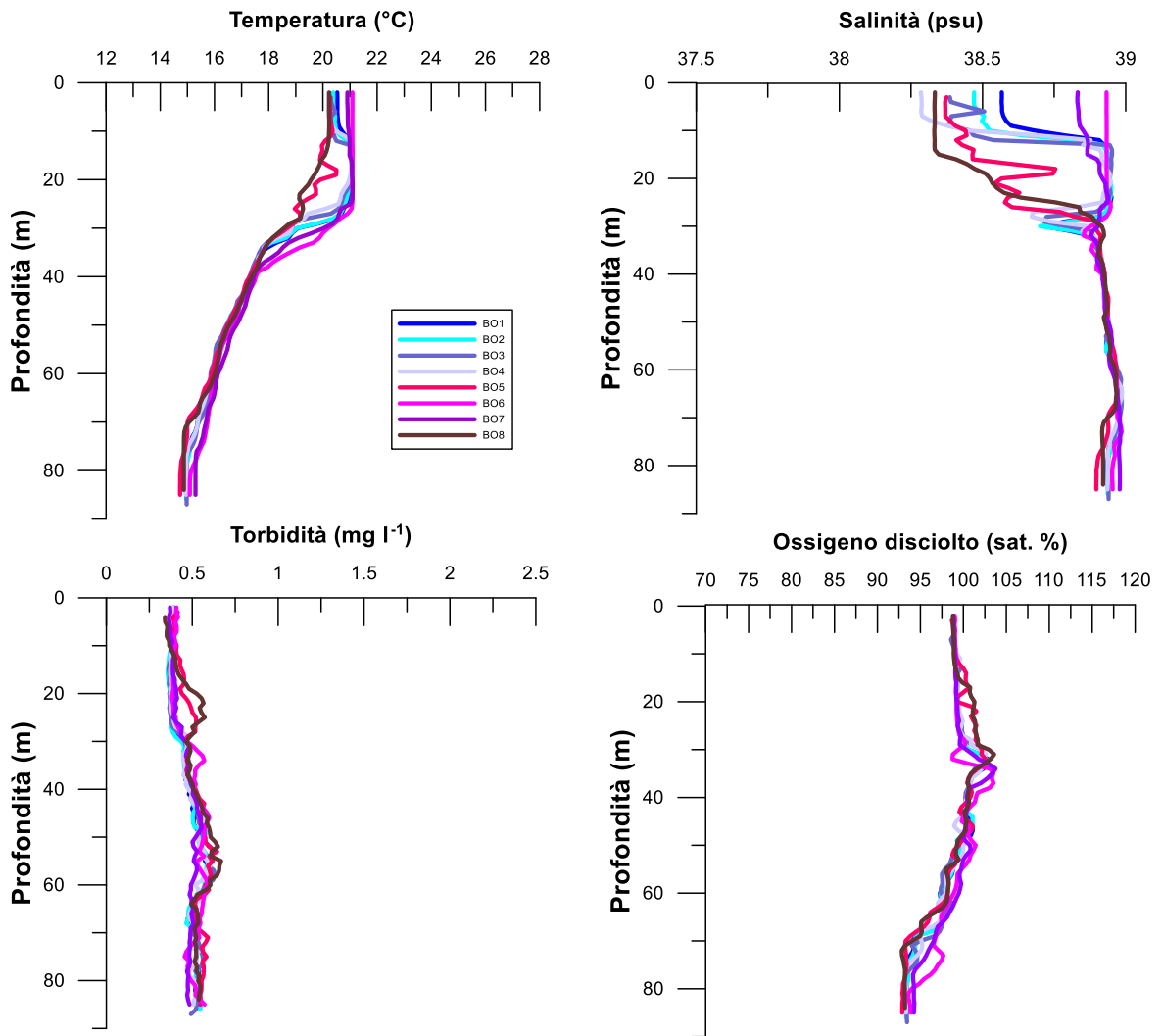


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Ottobre 2019.**

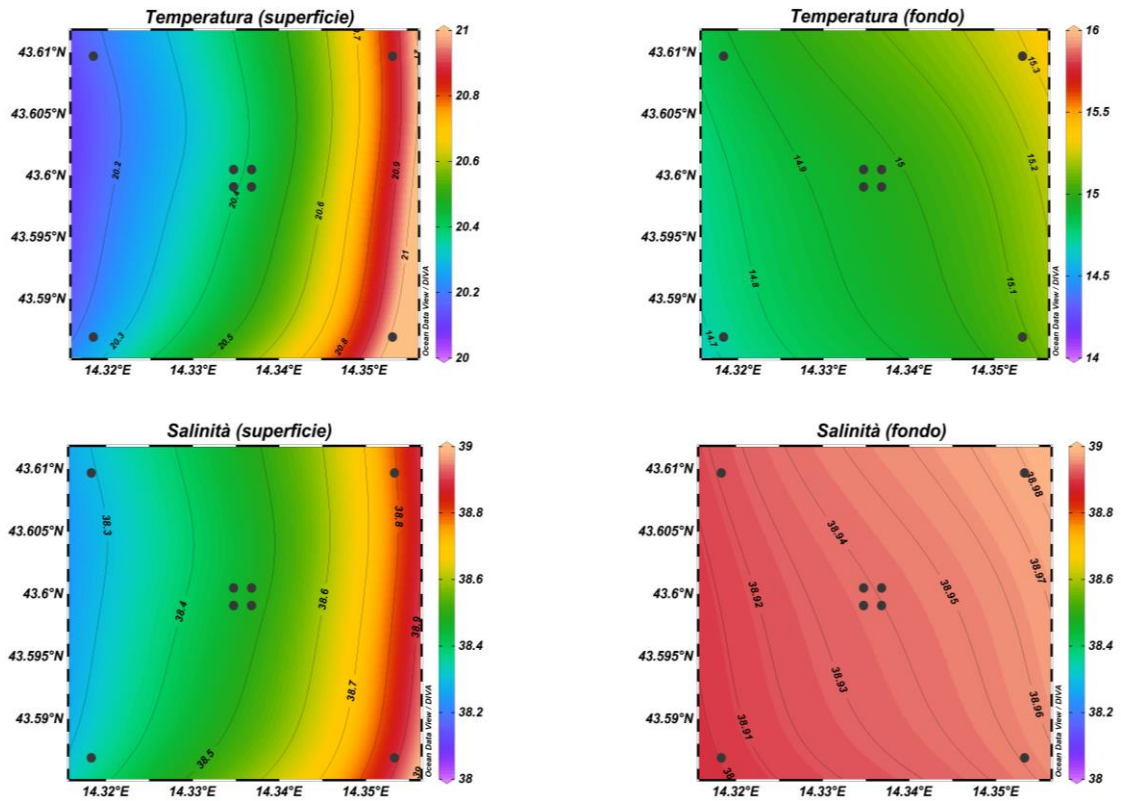


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Ottobre 2019**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

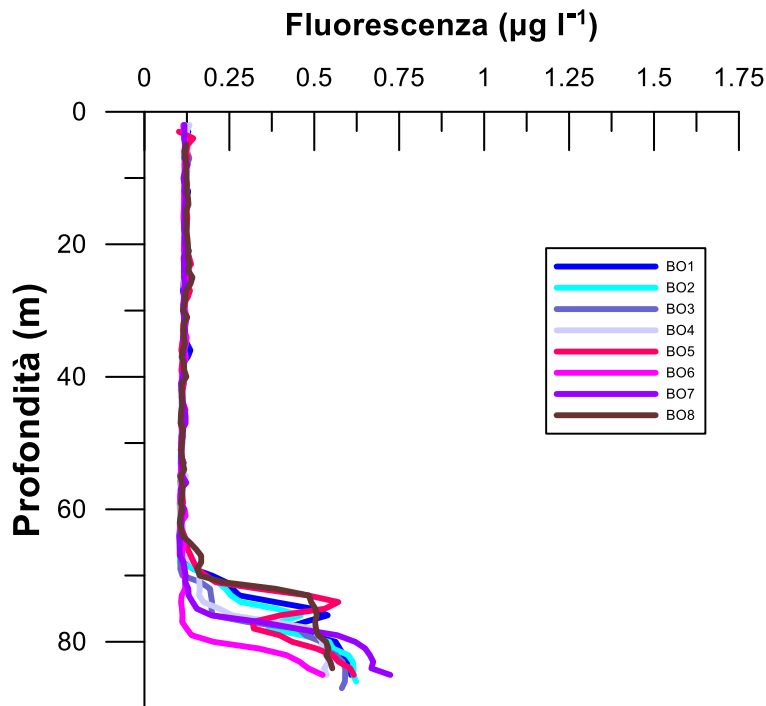


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Ottobre 2019**.

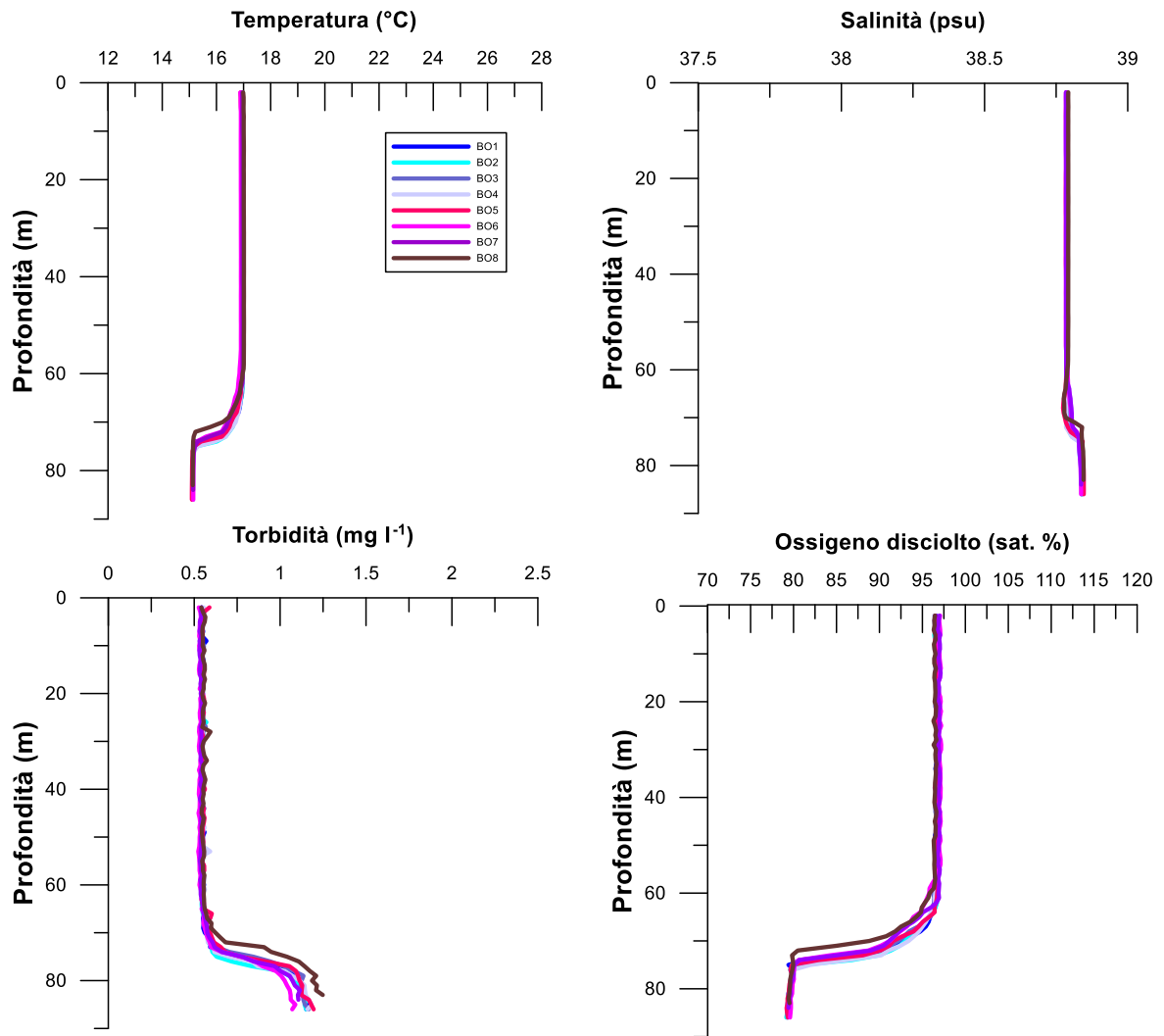


Fig. 3.7 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Dicembre2019**.

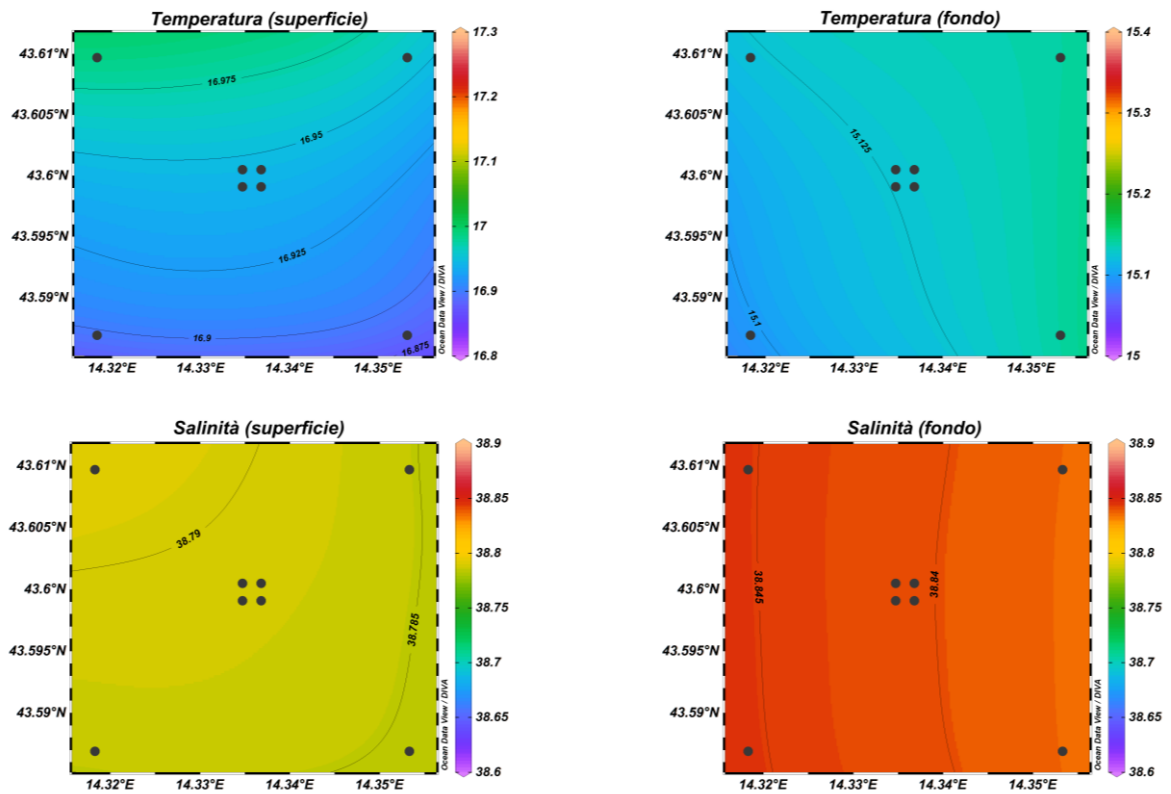


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Dicembre 2019**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

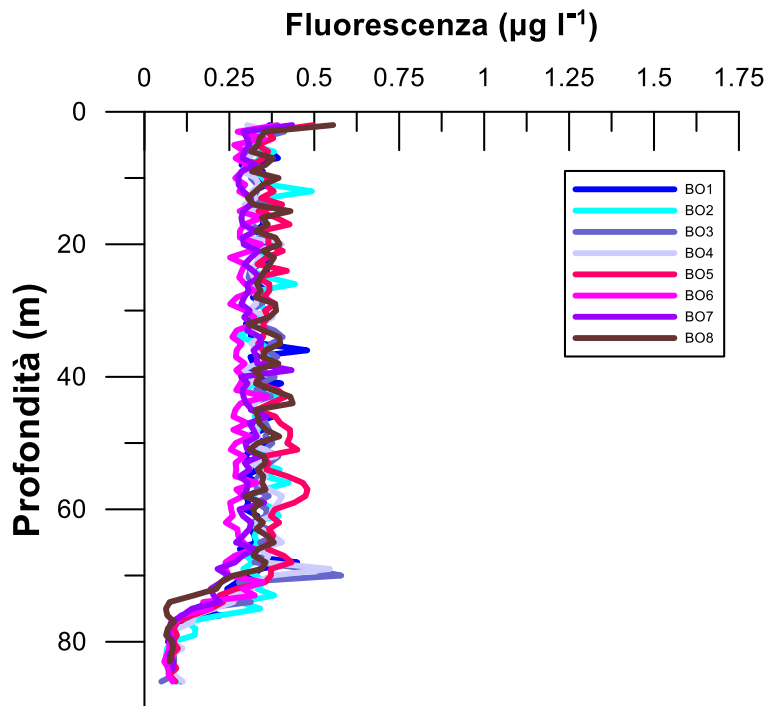


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Dicembre 2019**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nel **luglio 2019** (figg. 3.10a, 3.10b e 3.11) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,62 \pm 1,05 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,04 \pm 0,04 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,18 \pm 0,66 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). Il massimo di NO_3 ($4,81 \mu\text{M}$) è stato osservato nella stazione BO6 a 40 m di profondità, mentre il minimo ($0,03 \mu\text{M}$) è stato riscontrato a 20 m nelle stazioni BO3 e BO5. I valori di NO_2 sono risultati generalmente contenuti e omogenei, inferiori al limite di rilevabilità strumentale tra la superficie e i 40 m nella stazione BO4 e a 40 m nella BO7. Nelle acque di fondo di tutte le stazioni si è assistito a un aumento (massimo di $0,11 \mu\text{M}$ al fondo dei siti BO1, BO6 e BO7). La concentrazione massima di NH_4 ($0,19 \mu\text{M}$) è stata misurata al fondo della BO2, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati nelle stazioni BO2, BO3 e BO4 a quote variabili; non è stato osservato un andamento particolare.

Anche i fosfati (PO_4) sono risultati generalmente contenuti e omogenei ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$), variando tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, tra i 40 m e la superficie delle stazioni BO2, BO5, BO6, BO7 e BO8, e un massimo di $0,05 \mu\text{M}$ misurato in BO1 e BO6, rispettivamente in superficie e a 40 m.

La concentrazione media dei silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stata di $2,13 \pm 1,49 \mu\text{M}$; valori più elevati hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni con il massimo ($5,07 \mu\text{M}$) in BO5; il minimo ($0,72 \mu\text{M}$) è stato osservato alla quota superficiale della BO7.

Ad **ottobre** (figg. 3.12a, 3.12b e 3.13) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,43 \pm 0,72 \mu\text{M}$ per i nitrati, a $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per i nitriti e a $0,07 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per l'ammonio. In generale le concentrazioni più elevate di NO_3 e NO_2 sono state rilevate nelle acque di fondo, mentre per NH_4 non è stato osservato alcun andamento particolare. La concentrazione media di NO_3 al fondo è risultata pari a $1,66 \pm 0,11 \mu\text{M}$, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato le quote tra i 40 m e la superficie di tutte le stazioni ad eccezione di BO3 e BO4. Per NO_2 al fondo è stata calcolata una media di $0,08 \pm 0,01 \mu\text{M}$; valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato le quote tra i 40 m e la superficie delle stazioni BO2, BO5 BO6 e BO7. La concentrazione massima di NH_4 ($0,22 \mu\text{M}$) è stata misurata a 40 m presso BO3, la minima ($0,05 \mu\text{M}$) a quote variabili delle stazioni BO1, BO2, BO6, BO7 e BO8.

I PO_4 sono variati tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, tra i 40 m di profondità e la superficie in tutte le stazioni ad eccezione della BO8, e un massimo di $0,05$

μM misurato a 20 m nella BO8.

La concentrazione media di $\text{Si}(\text{OH})_4$ è stata di $1,56 \pm 1,16 \mu\text{M}$; le concentrazioni più elevate sono state rilevate nelle acque di fondo dove la media è stata pari a $3,53 \pm 0,27 \mu\text{M}$. Sia il valore massimo ($3,76 \mu\text{M}$) che il minimo ($0,78 \mu\text{M}$) sono stati osservati nella stazione BO8, rispettivamente al fondo e in superficie.

A **dicembre** (figg. 3.14a, 3.14b e 3.15) le concentrazioni medie di NO_3 , NO_2 e NH_4 sono risultate rispettivamente pari a $0,72 \pm 0,81 \mu\text{M}$, $0,06 \pm 0,01 \mu\text{M}$ e a $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$. Il contenuto maggiore di NO_3 è stato rilevato al fondo ($2,10 \pm 0,04 \mu\text{M}$), con un massimo di $2,14 \mu\text{M}$ in BO4 e BO5. Valori inferiori omogenei hanno caratterizzato i campioni prelevati in superficie, a 20 m e a 40 m in tutte le stazioni ($0,26 \pm 0,02 \mu\text{M}$), con il minimo ($0,23 \mu\text{M}$) in BO6 e BO7, rispettivamente in superficie e a 20 m. In generale le concentrazioni di NO_2 sono risultate contenute e omogenee: il massimo ($0,08 \mu\text{M}$) è stato riscontrato nella stazione BO2 a 40 m, il minimo ($0,05 \mu\text{M}$) al fondo di BO1, BO5, BO7 e BO8. La concentrazione massima di NH_4 ($0,06 \mu\text{M}$) è stata misurata al fondo della stazione BO5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato i campioni prelevati a 40 m, 20 m e in superficie in tutte le stazioni.

Per i PO_4 non è stato osservato alcun andamento particolare e la media è stata di $0,07 \pm 0,03 \mu\text{M}$. Il massimo è stato osservato in BO2 e BO4, rispettivamente in superficie e a 40 m, mentre contenuti uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati al fondo delle stazioni BO5 e BO6.

Infine, è stata rilevata una concentrazione media di $\text{Si}(\text{OH})_4$ pari a $1,97 \pm 1,80 \mu\text{M}$; i contenuti maggiori sono stati osservati nelle acque di fondo ($5,04 \pm 0,06 \mu\text{M}$). Sia il valore massimo ($5,11 \mu\text{M}$) che il minimo ($0,89 \mu\text{M}$) hanno caratterizzato la stazione BO7 (rispettivamente fondo e 20 m).

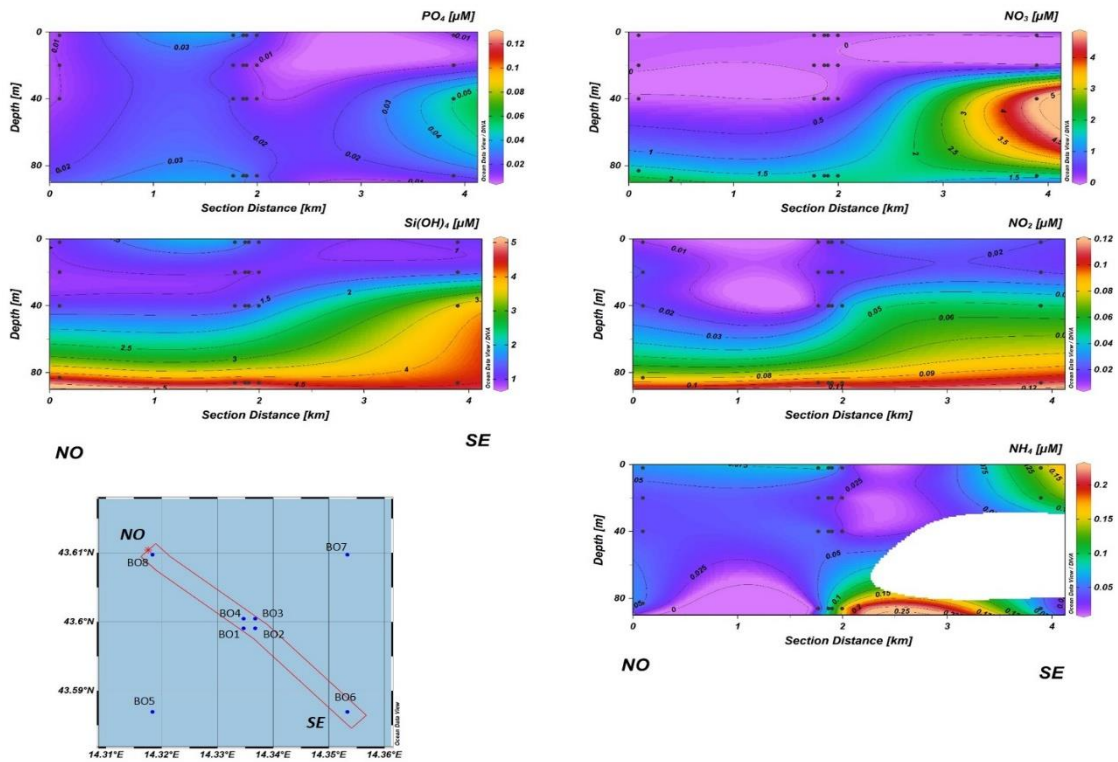


Fig. 3.10a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Luglio 2019.**

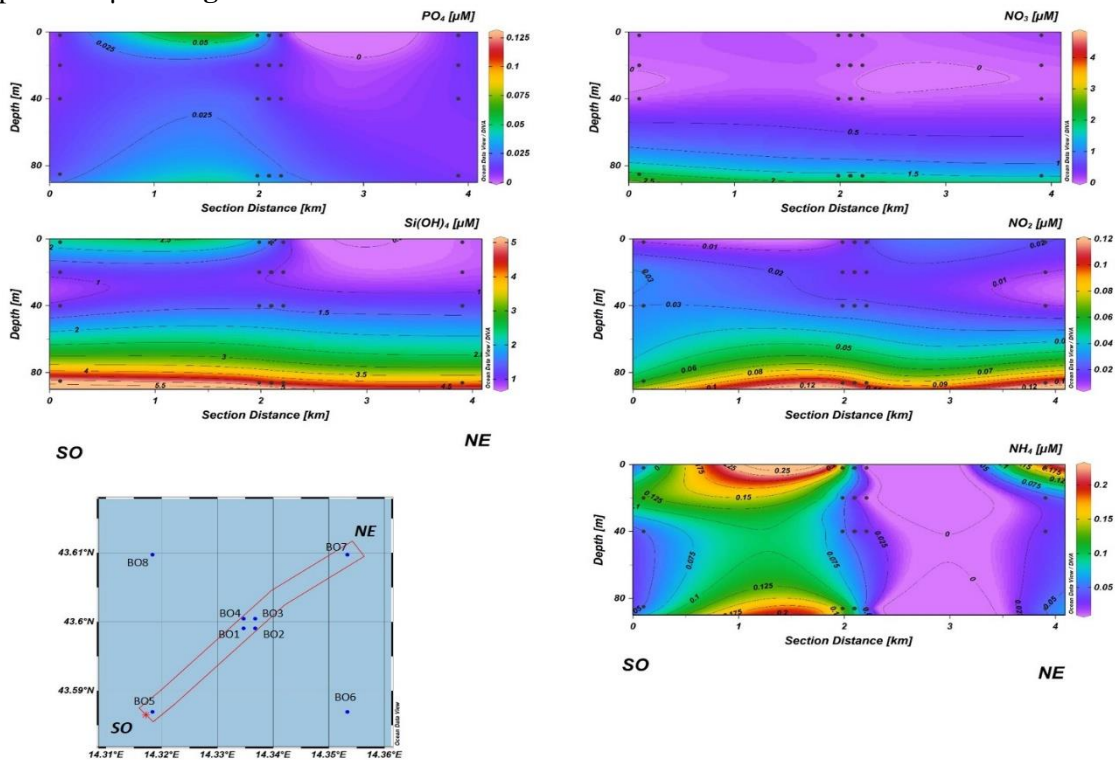


Fig. 3. 10b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Luglio 2019.**

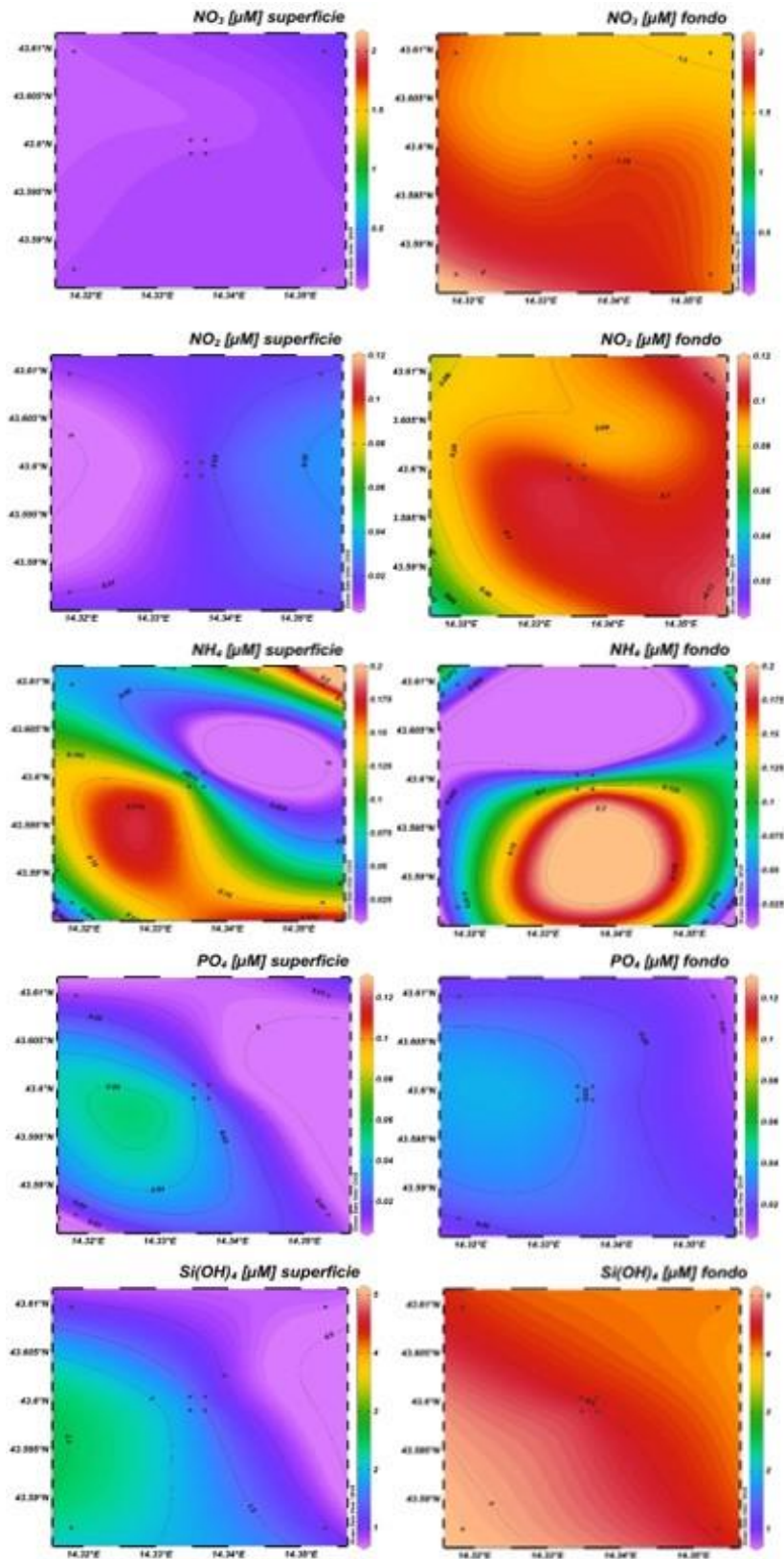


Fig. 3. 11 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Luglio 2019**.

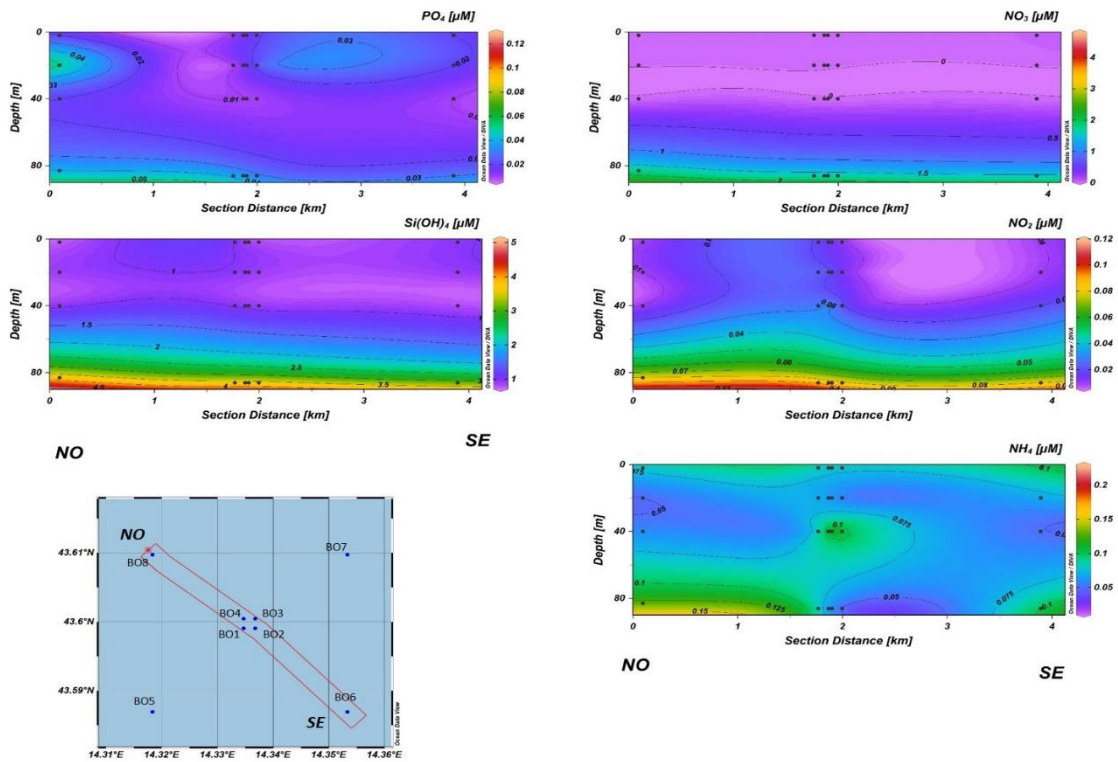


Fig. 3.12a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Ottobre 2019**.

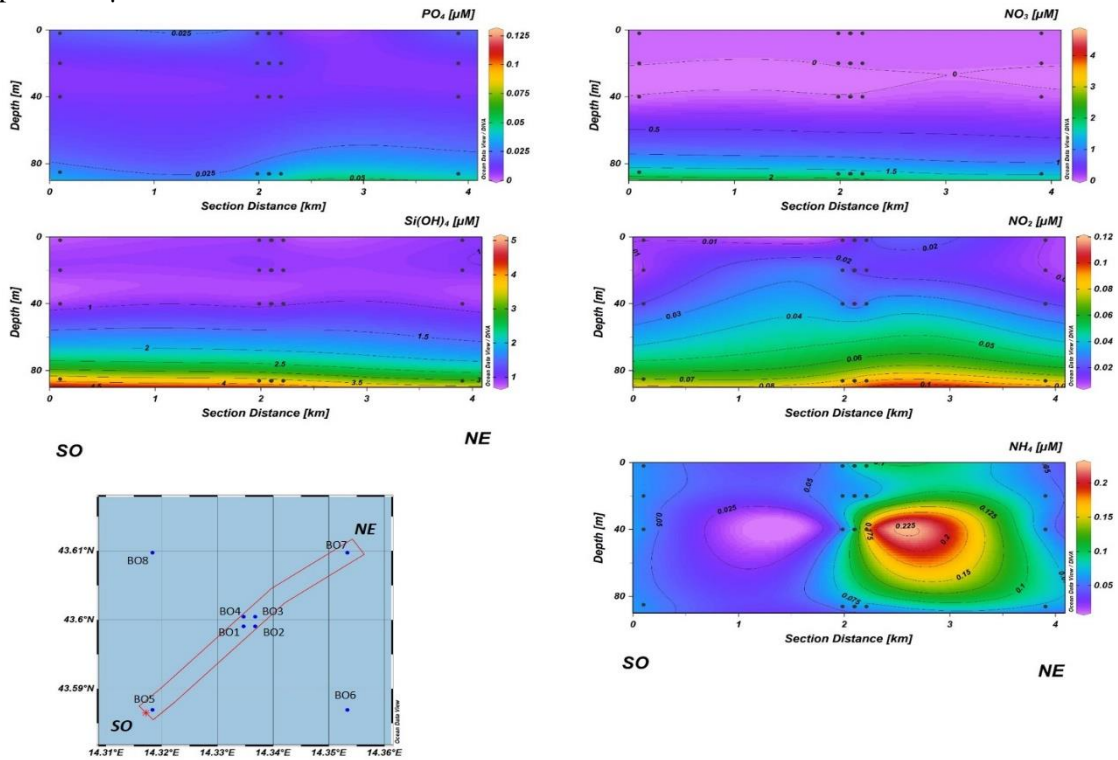


Fig. 3.12b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Ottobre 2019**.

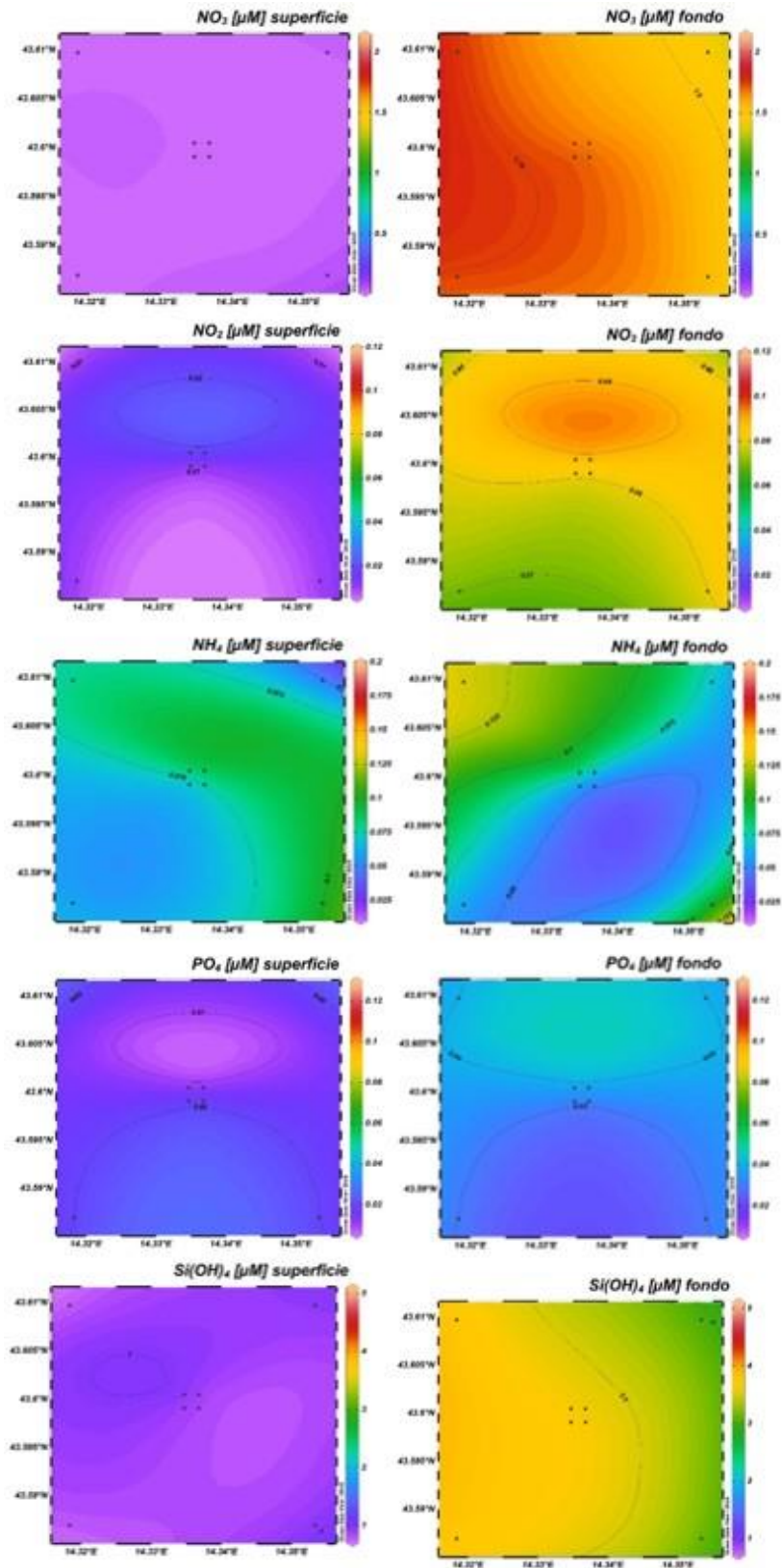


Fig. 3.13 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Ottobre 2019.**

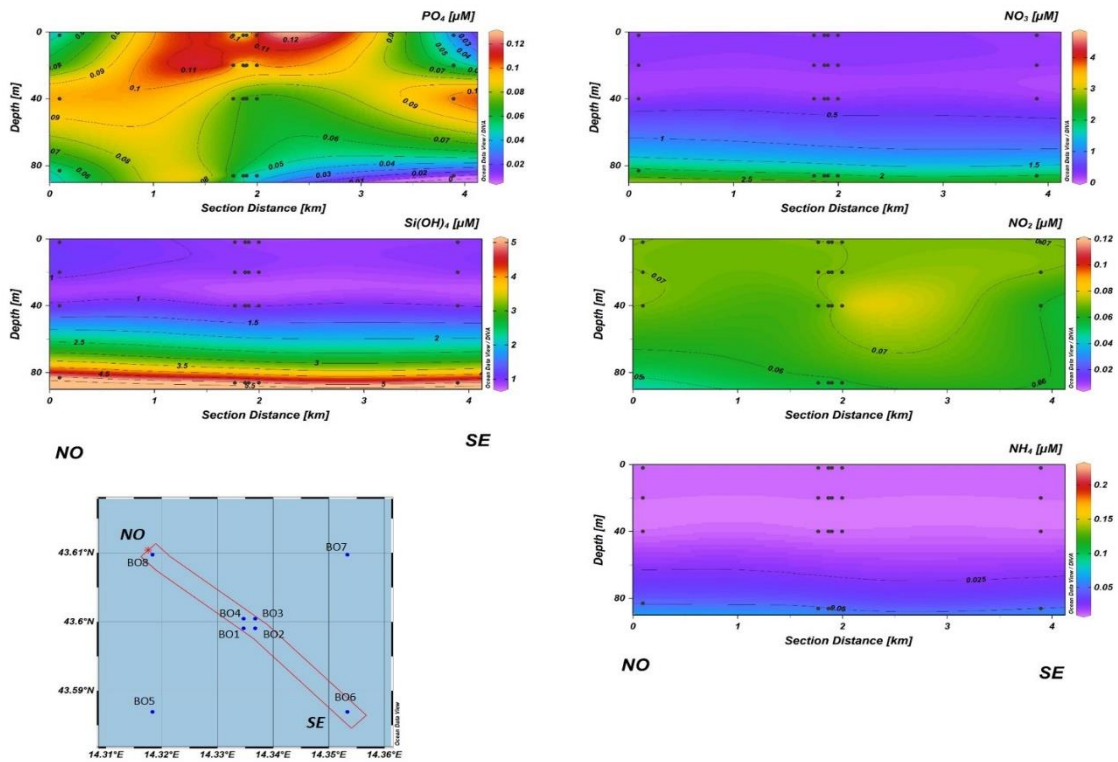


Fig. 3.14a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Dicembre 2019.

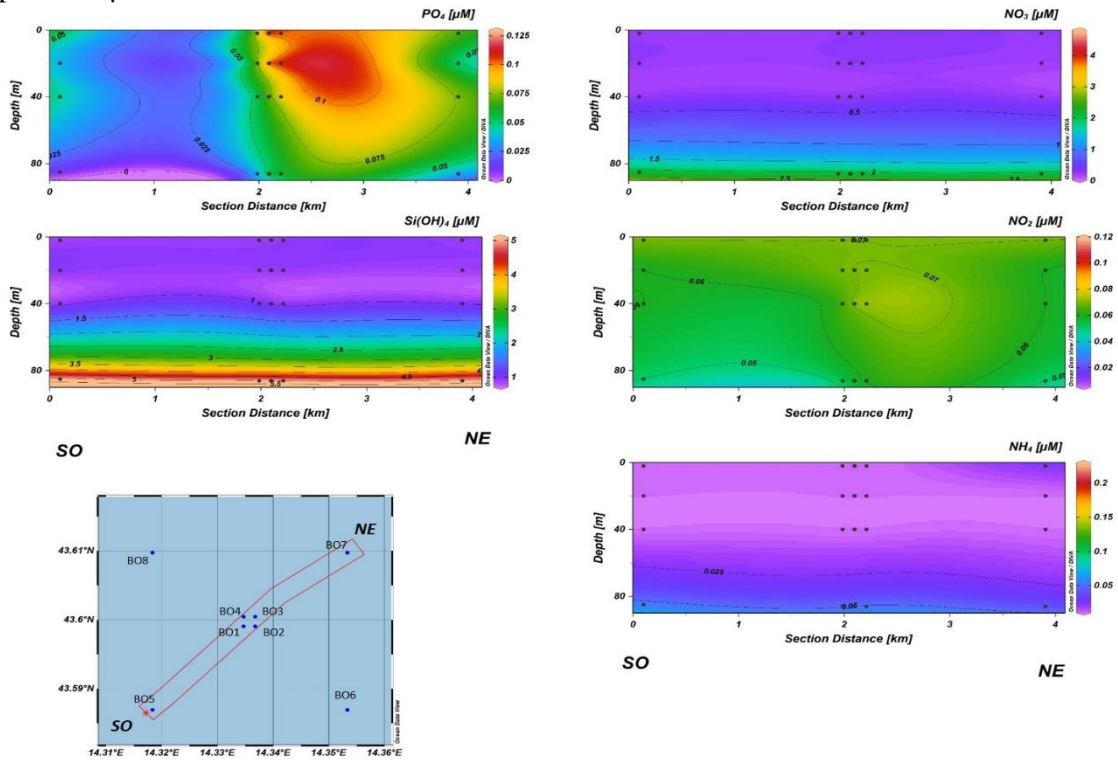


Fig. 3.14b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Dicembre 2019.

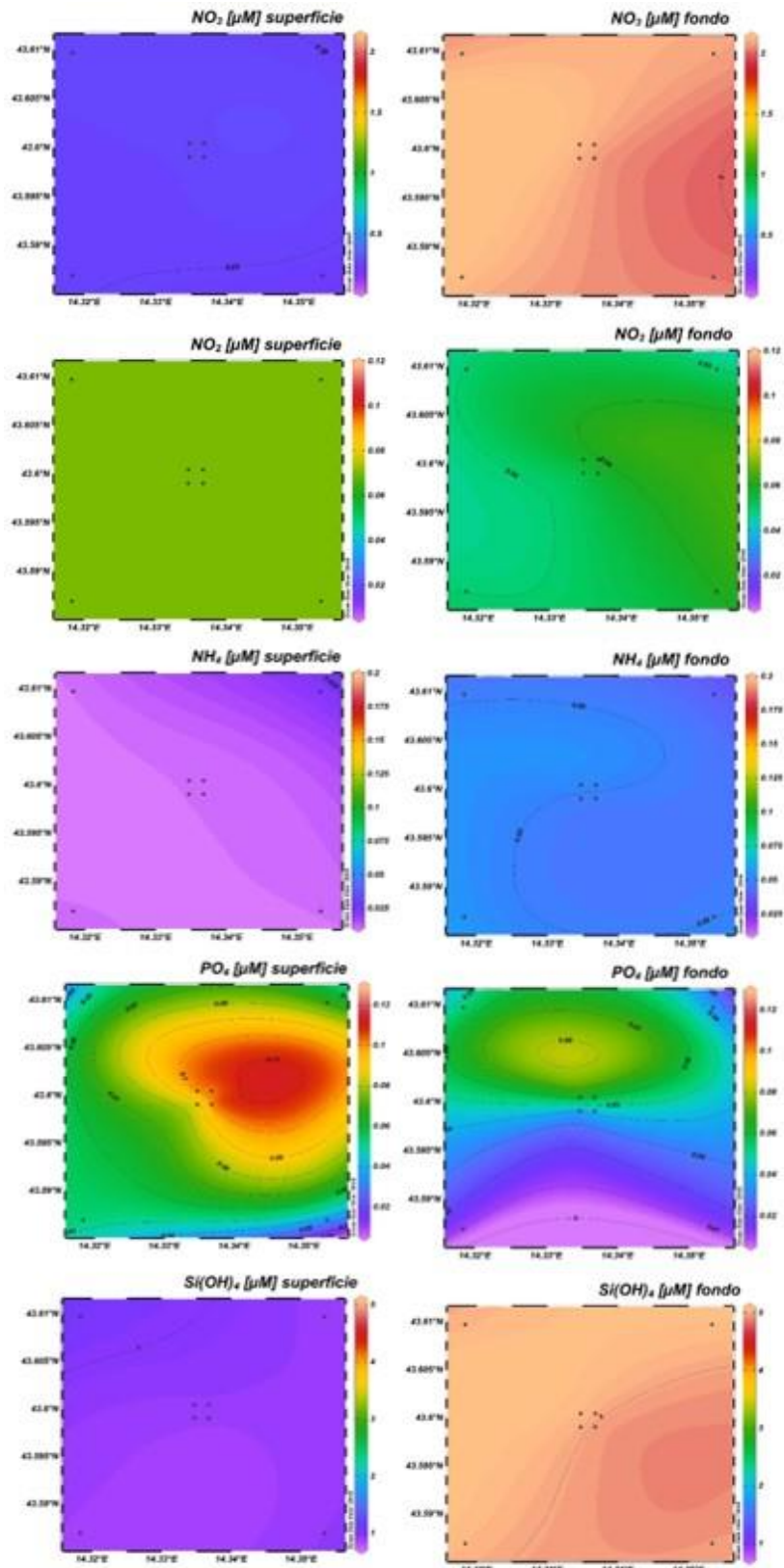


Fig. 3.15 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Dicembre 2019.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **luglio 2019** (figg. 3.16a, 3.16b e 3.17) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $135,0 \pm 69,8 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $292,5 \text{ ng l}^{-1}$ misurato alla quota superficiale della stazione BO3 e un minimo di $65,1 \text{ ng l}^{-1}$ riscontrato al fondo della BO2. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $14,0 \pm 11,7$ e $23,7 \pm 24,2 \text{ ng l}^{-1}$. Il massimo di Chl *b* ($42,3 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato alla quota superficiale della stazione BO3, mentre valori prossimi allo 0 sono stati osservati a 40 m nella stazione BO7 e al fondo della BO2. Massimo e minimo di Chl *c* ($69,7$ e $0,5 \text{ ng l}^{-1}$) sono stati rilevati nella stazione BO4, rispettivamente in superficie e alla quota dei 40 m. In generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani hanno caratterizzato le acque superficiali.

Il materiale particellato (TSM), è risultato mediamente presente con $1,3 \pm 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ ed è stato in generale più abbondante sul fondo, dove è stato misurato un massimo di $2,3 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione BO3.

Ad **ottobre** (figg. 3.18a, 3.18b e 3.19) i valori medi di pigmenti clorofilliani sono risultati confrontabili con quelli del mese precedente. Infatti, la Chl *a* è risultata mediamente presente con $120,4 \pm 29,8 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $208,0 \text{ ng l}^{-1}$ a 40 m di profondità nella stazione BO8, simile al valore di massimo di luglio, e un minimo di $77,1 \text{ ng l}^{-1}$ al fondo della BO1.

I contenuti più elevati di Chl *b* e Chl *c* sono stati rilevati nelle acque superficiali. Le loro concentrazioni medie sono state rispettivamente pari a $20,4 \pm 11,5 \text{ ng l}^{-1}$ e $20,4 \pm 9,0 \text{ ng l}^{-1}$. Il massimo di Chl *b* ($42,4 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato alla quota superficiale della stazione BO8, il minimo ($5,5 \text{ ng l}^{-1}$) al fondo di BO1 e BO4. Per quanto concerne la Chl *c*, massimo ($32,3 \text{ ng l}^{-1}$) e minimo ($8,5 \text{ ng l}^{-1}$) hanno caratterizzato rispettivamente la superficie di BO2 e il fondo di B8.

Il TSM è risultato più contenuto rispetto al mese precedente ($0,5 \pm 0,2 \text{ mg l}^{-1}$). Comunque, anche in questo caso le concentrazioni maggiori hanno caratterizzato lo strato di fondo dell'area di campionamento; il massimo ($1,2 \text{ mg l}^{-1}$) è stato registrato al fondo della BO7.

Anche a **dicembre** (figg. 3.20a, 3.20b e 3.21) la concentrazione media di Chl *a* è risultata simile alle precedenti essendo pari a $109,8 \pm 47,0 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $205,6 \text{ ng l}^{-1}$ misurato a 40 m in BO7 e un minimo di $13,7 \text{ ng l}^{-1}$ riscontrato in superficie nella stessa stazione. Chl *b* e Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a

$6,2 \pm 1,5$ e $36,7 \pm 12,7$ ng l⁻¹. La Chl *b* è risultata omogenea lungo la colonna d'acqua e più contenuta rispetto a luglio e ottobre 2019. Il massimo ($9,3$ ng l⁻¹) è stato misurato a 40 m di profondità nella stazione BO7, il minimo ($2,6$ ng l⁻¹) al fondo della BO8.

La Chl *c* è risultata leggermente più abbondante rispetto alle campagne precedenti. Il massimo infatti è stato pari a $58,5$ ng l⁻¹ ed è stato misurato a 40 m nella stazione BO7, mentre la concentrazione minima ($12,5$ ng l⁻¹) è stata osservata al fondo della BO1.

Il TSM ha presentato una media pari a $0,7 \pm 0,3$ mg l⁻¹, risultando pertanto simile a luglio e ottobre. In generale le concentrazioni maggiori hanno di nuovo caratterizzato lo strato di fondo dell'area di campionamento ($0,9 \pm 0,2$ mg l⁻¹), ma il massimo ($1,7$ mg l⁻¹) è stato registrato a 20 m in corrispondenza del sito BO8.

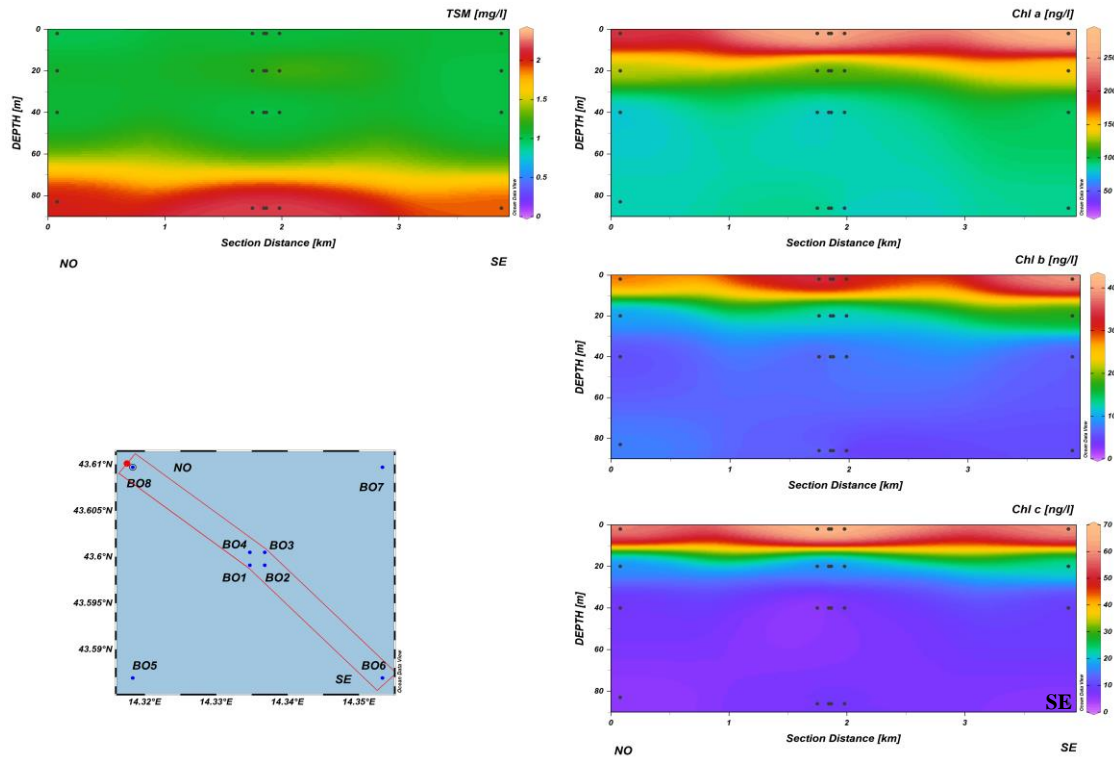


Fig. 3.16a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Luglio 2019.**

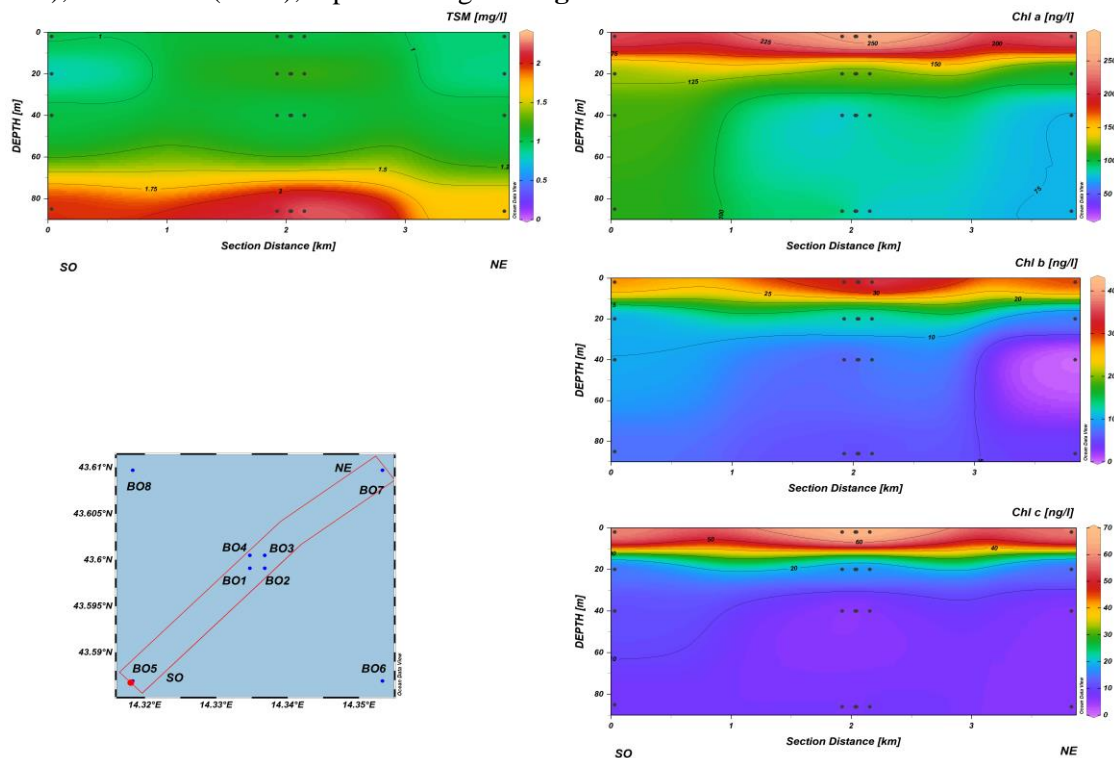


Fig. 3.16b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Luglio 2019.**

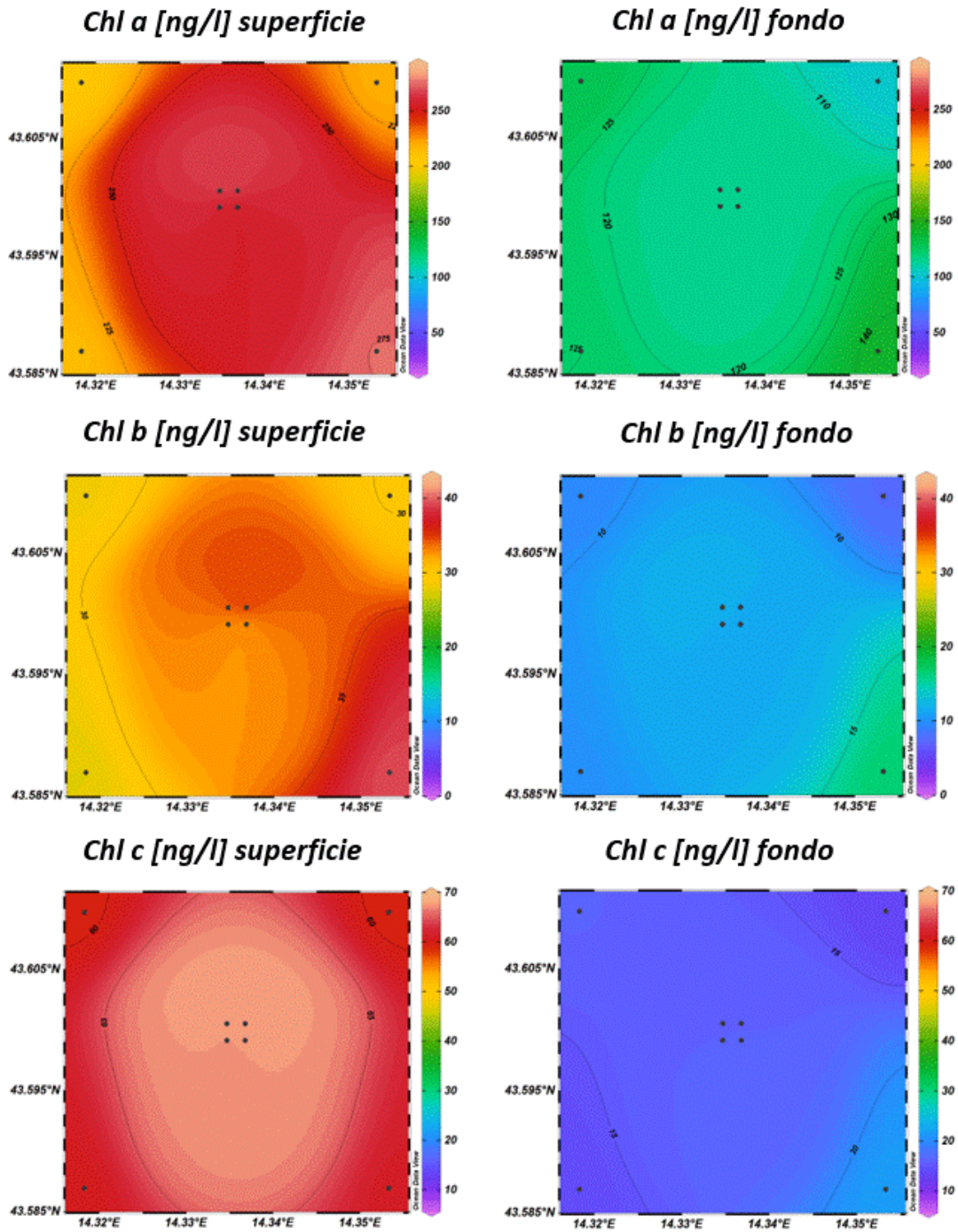


Fig. 3.17 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Luglio 2019.**

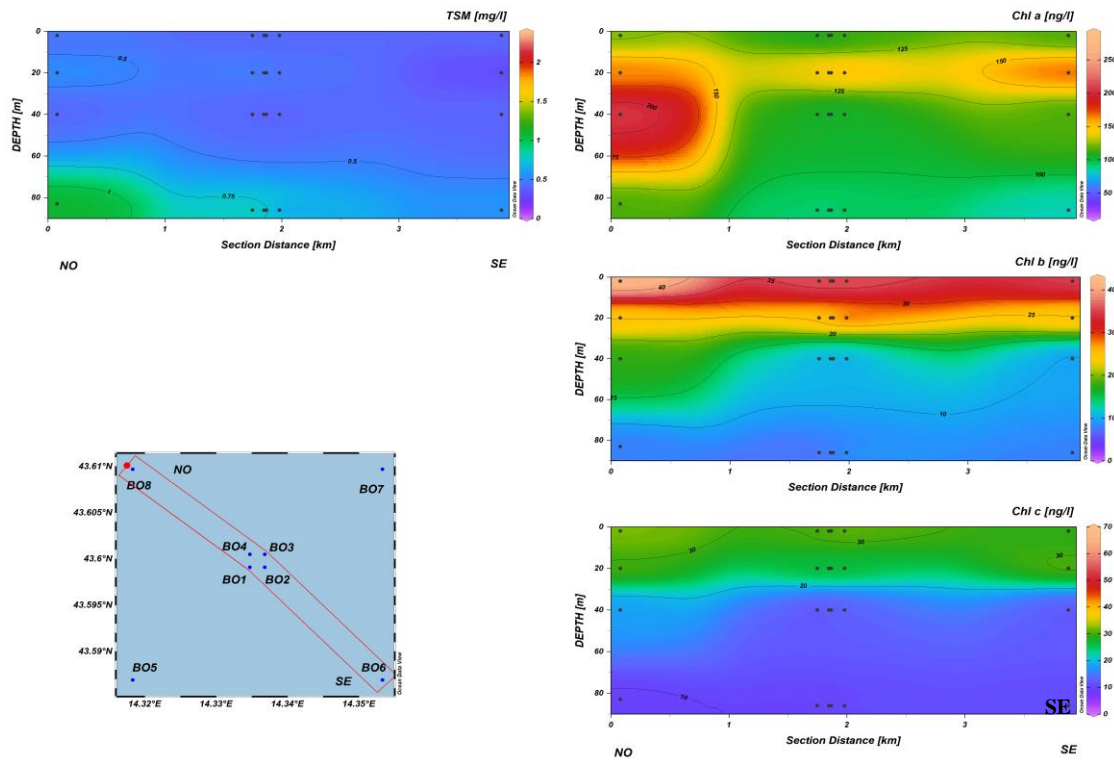


Fig. 3.18a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Ottobre 2019.**

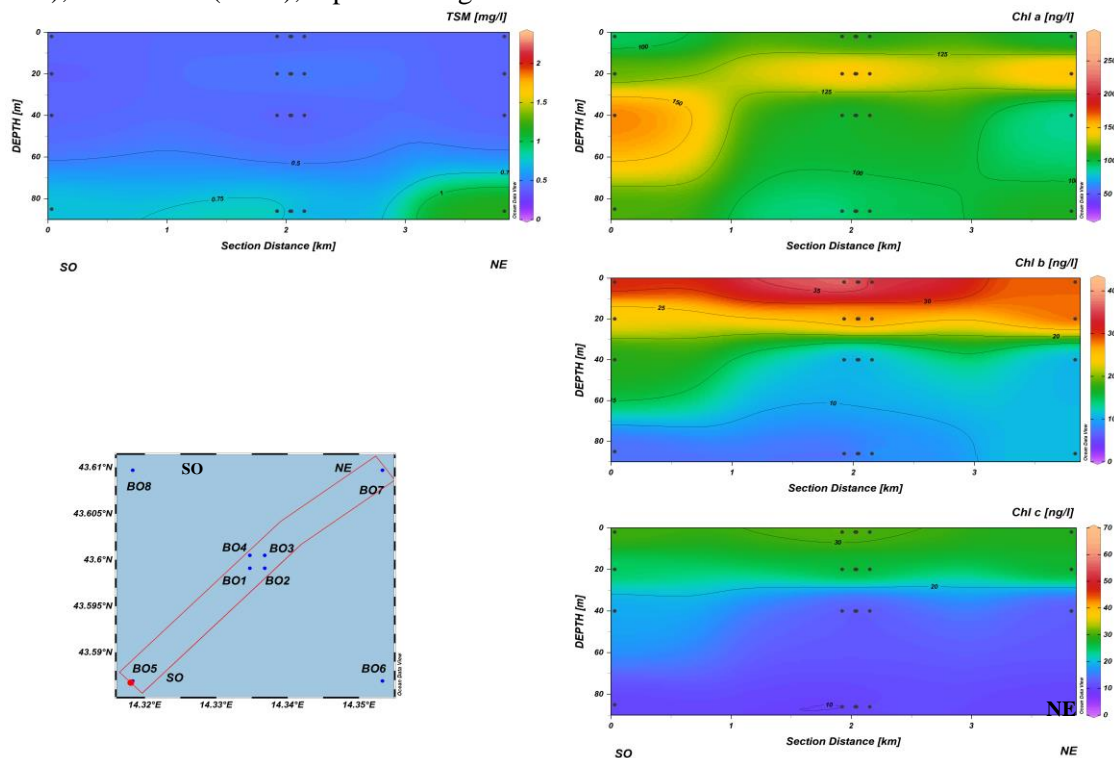


Fig. 3.18b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , della clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Ottobre 2019.**

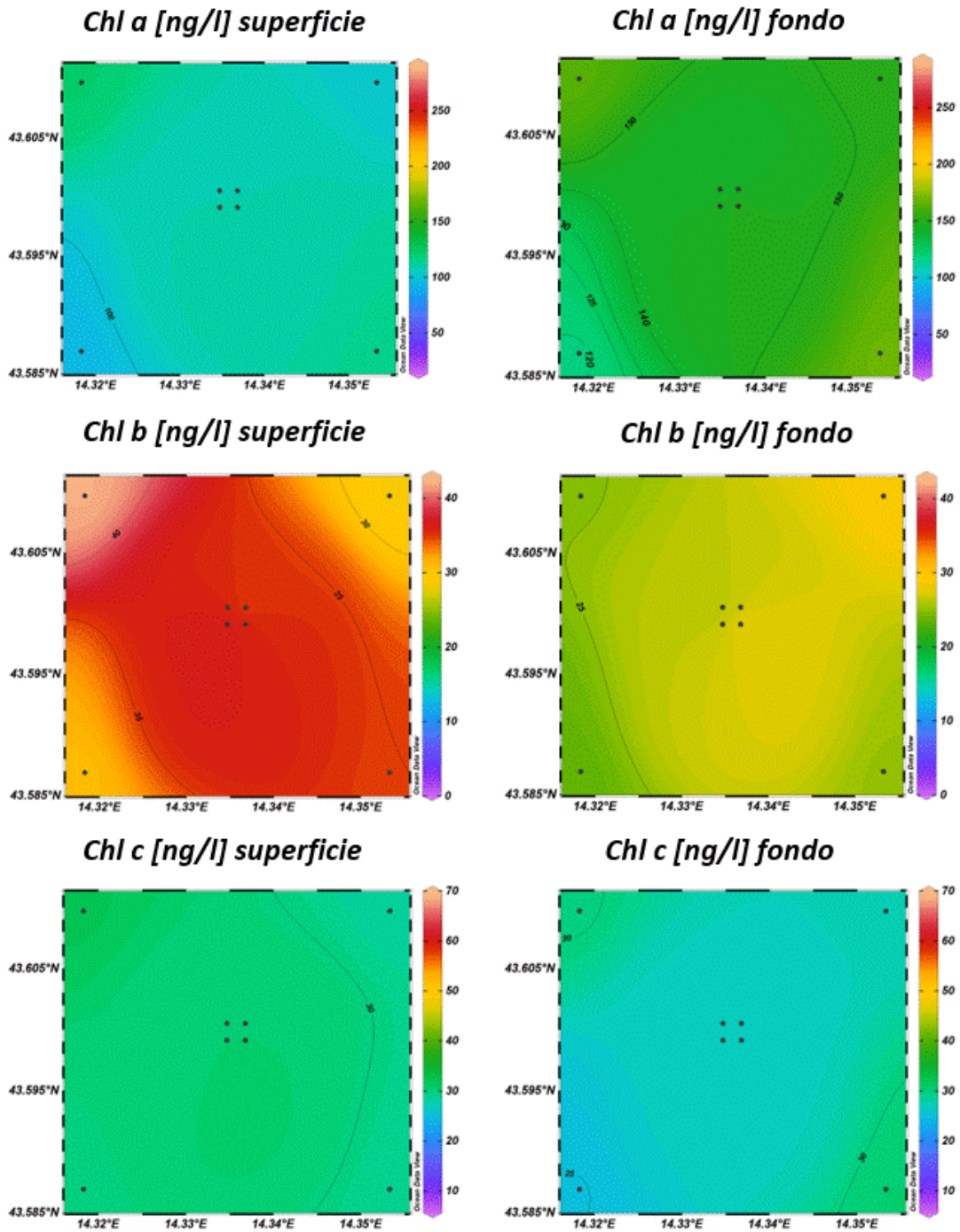


Fig. 3.19 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Ottobre 2019.**

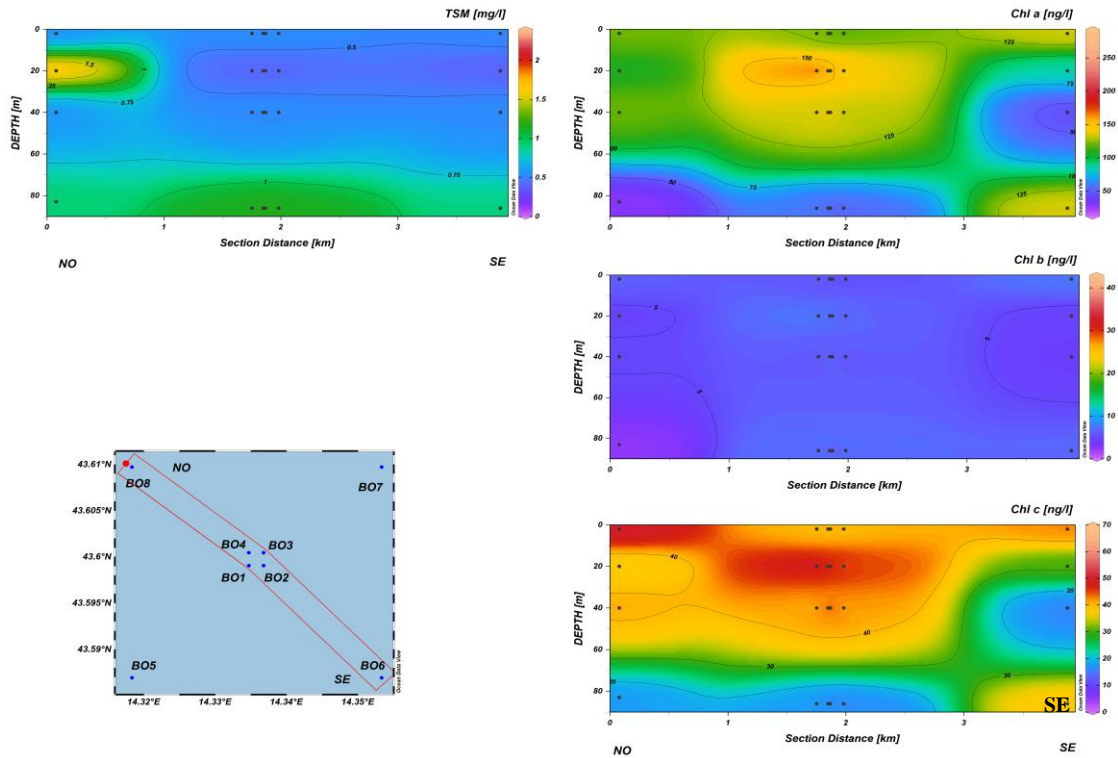


Fig. 3.20a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Dicembre 2019.**

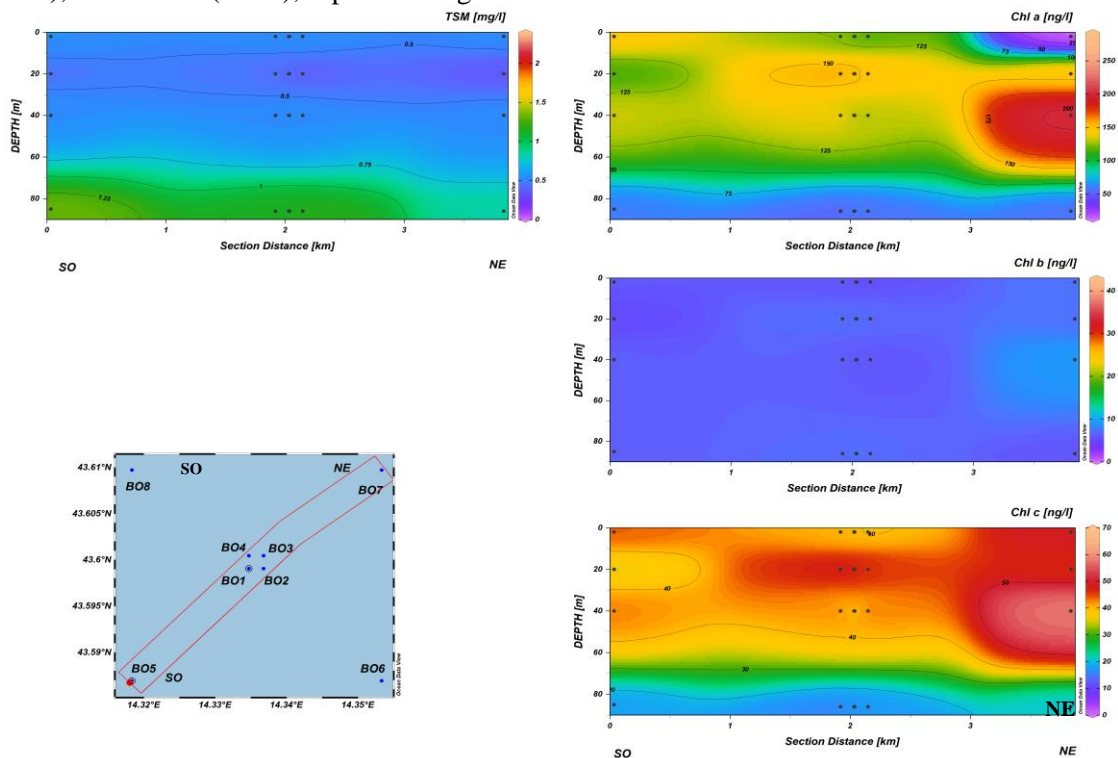


Fig. 3.20b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , della clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Dicembre 2019.**

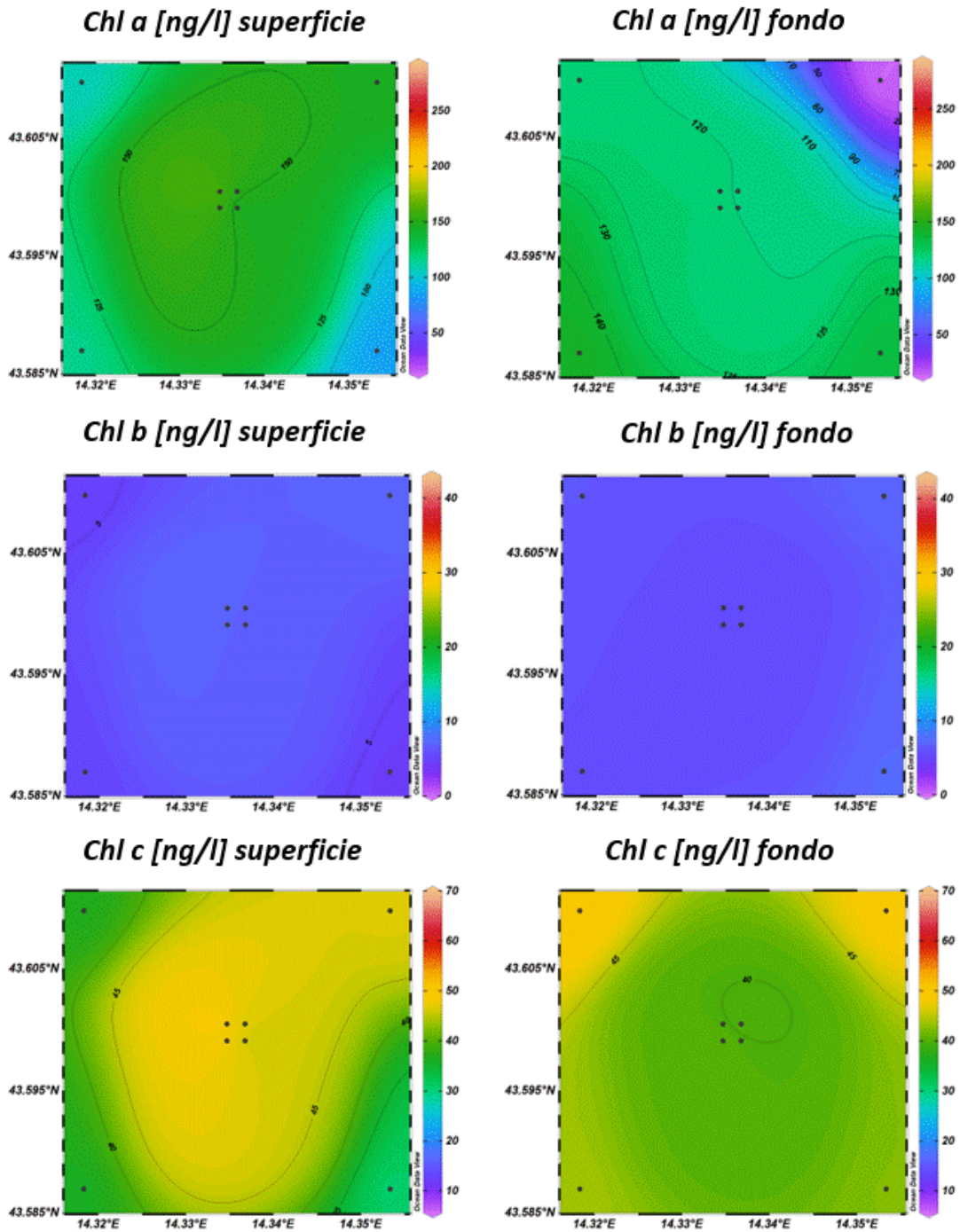


Fig. 3.21 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Dicembre 2019.**

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

Gli Idrocarburi totali (**IT**), gli Idrocarburi Alifatici (**IA**) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (**IPA**) rilevati nei 3 monitoraggi condotti nel 2° semestre 2019 sono riportati rispettivamente nelle Tabb. 3-I - 3-III.

A luglio solo due valori di **IT** sono risultati al di sopra del Limite di Rilevabilità (LR) nei punti di campionamento superficiali dei siti BO4 (120 µg/L) e BO5 (250 µg/L).

Non rilevati in ottobre, a dicembre solo 10 campioni (31%) hanno mostrato valori superiori al LR, tutti nelle stazioni vicine alla piattaforma; si è trattato comunque di concentrazioni molto modeste (23 ± 3 µg/L).

Tab. 3- I - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nei tre survey effettuati nel II semestre del 2019.

.Stazione	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 28	< 28	25
BO1 20 m	< 28	< 28	19
BO1 40 m	< 28	< 28	22
BO1 fondo	< 28	< 28	< 28
BO2 sup	< 28	< 28	23
BO2 20 m	< 28	< 28	27
BO2 40 m	< 28	< 28	< 28
BO2 fondo	< 28	< 28	< 28
BO3 sup	< 28	< 28	19
BO3 20 m	< 28	< 28	19
BO3 40 m	< 28	< 28	< 28
BO3 fondo	< 28	< 28	26
BO4 sup	120	< 28	< 28
BO4 20 m	< 28	< 28	22
BO4 40 m	< 28	< 28	23
BO4 fondo	< 28	< 28	< 28
BO5 sup	250	< 28	< 28
BO5 20 m	< 28	< 28	< 28
BO5 40 m	< 28	< 28	< 28
BO5 fondo	< 28	< 28	< 28
BO6 sup	< 28	< 28	< 28
BO6 20 m	< 28	< 28	< 28
BO6 40 m	< 28	< 28	< 28
BO6 fondo	< 28	< 28	< 28
BO7 sup	< 28	< 28	< 28
BO7 20 m	< 28	< 28	< 28
BO7 40 m	< 28	< 28	< 28
BO7 fondo	< 28	< 28	< 28
BO8 sup	< 28	< 28	< 28
BO8 20 m	< 28	< 28	< 28
BO8 40 m	< 28	< 28	< 28
BO8 fondo	< 28	< 28	< 28

Anche per quanto concerne gli **IA**, analogamente agli **IT** a luglio sono risultati al di sopra del LR solo due valori, negli stessi due punti (BO4 sup: 70 µg/L; BO5 sup: 130 µg/L).

A ottobre tutti i valori sono risultati inferiori al LR mentre a dicembre anche in questo caso sono risultati rilevabili 10 valori (media di 8 ± 1 µg/L) derivati dai medesimi campioni in cui sono stati quantificati gli **IT**.

Riguardo agli **IPA**, in tutto il 2° semestre si sono registrati solo 8 valori al di sopra del LR, tre nel mese di luglio e cinque a dicembre, per lo più nelle stazioni vicine alla piattaforma. I range rilevati sono stati di 0,002-0,028 µg/L a luglio, e 0,06-0,010 µg/L a dicembre.

A ottobre tutti i valori sono risultati inferiori al LR.

Tab. 3-II - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nei tre survey condotti nel II semestre del 2019.

Stazione	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 1	< 1	7,6
BO1 20 m	< 1	< 1	7,7
BO1 40 m	< 1	< 1	8,2
BO1 fondo	< 1	< 1	< 1
BO2 sup	< 1	< 1	10
BO2 20 m	< 1	< 1	7,9
BO2 40 m	< 1	< 1	< 1
BO2 fondo	< 1	< 1	< 1
BO3 sup	< 1	< 1	7,3
BO3 20 m	< 1	< 1	7,6
BO3 40 m	< 1	< 1	< 1
BO3 fondo	< 1	< 1	11
BO4 sup	70	< 1	< 1
BO4 20 m	< 1	< 1	8,5
BO4 40 m	< 1	< 1	8,6
BO4 fondo	< 1	< 1	< 1
BO5 sup	130	< 1	< 1
BO5 20 m	< 1	< 1	< 1
BO5 40 m	< 1	< 1	< 1
BO5 fondo	< 1	< 1	< 1
BO6 sup	< 1	< 1	< 1
BO6 20 m	< 1	< 1	< 1
BO6 40 m	< 1	< 1	< 1
BO6 fondo	< 1	< 1	< 1
BO7 sup	< 1	< 1	< 1
BO7 20 m	< 1	< 1	< 1
BO7 40 m	< 1	< 1	< 1
BO7 fondo	< 1	< 1	< 1
BO8 sup	< 1	< 1	< 1
BO8 20 m	< 1	< 1	< 1
BO8 40 m	< 1	< 1	< 1
BO8 fondo	< 1	< 1	< 1

Tab. 3-III - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) dei 16 Idrocarburi Policiclici Aromatici misurate nei tre survey condotti nel II semestre del 2019.

Stazione	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0069
BO1 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO1 40 m	0,0023	< 0,0028	< 0,0028
BO1 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO2 sup	0,027	< 0,0028	0,0083
BO2 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO2 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO2 fondo	< 0,0028	< 0,0028	0,01
BO3 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,006
BO3 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO3 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO3 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO4 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0082
BO4 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO4 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO4 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO5 sup	0,002	< 0,0028	< 0,0028
BO5 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO5 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO5 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO6 sup	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO6 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO6 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO6 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO7 sup	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO7 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO7 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO7 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO8 sup	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO8 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO8 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
BO8 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028

I risultati inerenti i Solventi Organici Aromatici (**BTEX**) sono riportati in Tab. 3-IV.

Durante il 2° semestre 2019 i valori registrati per il **benzene** si sono attestati nel range 0,010-0,059 $\mu\text{g/L}$. Le concentrazioni sono risultate geograficamente omogenee.

A luglio è stata rilevata una media di $0,015 \pm 0,010$ $\mu\text{g/L}$, con una dispersione dei dati abbastanza elevata soprattutto nel set di campioni prelevati dalle stazioni BO1-BO4. A ottobre solo 17 valori (53%) sono risultati al di sopra del LR, perlopiù relativi alle stazioni BO1-BO4, variabili tra 0,11 e 0,16 $\mu\text{g/L}$, mentre a dicembre il benzene è stato quantificato in 15 campioni (47%) anche in questo caso provenienti maggiormente dalle stazioni vicine alla piattaforma; il range è stato 0,10-0,14 $\mu\text{g/L}$.

Per quanto riguarda l'**etilbenzene**, a luglio è stato rilevato praticamente ovunque in concentrazioni piuttosto variabili ed elevate se confrontate con quelle degli altri

campionamenti, con una media complessiva di $0,084 \pm 0,058 \mu\text{g/L}$. Ad ottobre solo 11 valori (34%) sono risultati superiori al LR, soprattutto nelle stazioni BO1-BO4; il range è stato di $0,010$ - $0,016 \mu\text{g/L}$ ($0,012 \pm 0,002 \mu\text{g/L}$). A dicembre l'etilbenzene è stato rilevato ovunque e si sono registrati valori leggermente superiori a quelli di ottobre. Le concentrazioni delle stazioni di controllo sono risultate superiori (il doppio) rispetto a quelle a 100 m dalla piattaforma (medie di $0,034 \pm 0,008 \mu\text{g/L}$ e $0,017 \pm 0,008 \mu\text{g/L}$, rispettivamente).

Anche le concentrazioni dello **stirene** sono state più elevate a luglio e maggiori nelle stazioni BO1-BO4 dove il range è stato $0,210$ - $0,740 \mu\text{g/L}$ con media di $0,416 \pm 0,137 \mu\text{g/L}$. Nei siti di controllo il range è stato di $0,031$ - $0,780 \mu\text{g/L}$, con media di $0,160 \pm 0,189 \mu\text{g/L}$. In ottobre questo composto si è abbassato praticamente ovunque, soprattutto nei pressi della piattaforma, ed è diventato geograficamente omogeneo (range complessivo di $0,020$ - $0,045 \mu\text{g/L}$, con media di $0,030 \pm 0,005 \mu\text{g/L}$). A dicembre si è riscontrato un aumento molto più evidente ai controlli, come indicato dalle concentrazioni medie relative alle stazioni BO1-BO4 ($0,063 \pm 0,082 \mu\text{g/L}$) e BO5-BO8 ($0,207 \pm 0,071 \mu\text{g/L}$).

Il **toluene** a luglio ha mostrato una distribuzione omogenea come indicato dalla concentrazione media complessiva ($0,12 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$). In ottobre questo composto non è stato rilevato, mentre a dicembre solo 3 concentrazioni sono risultate, di poco, superiori al LR tutte relative a campioni di controllo.

Per quanto riguarda infine lo **xilene**, a luglio e dicembre le concentrazioni medie complessive sono risultate rispettivamente di $0,066 \pm 0,036 \mu\text{g/L}$ e $0,035 \pm 0,014 \mu\text{g/L}$ e in entrambi i periodi le distribuzioni geografiche sono risultate omogenee. In ottobre solo un valore è risultato maggiore del LR ($0,042 \mu\text{g/L}$, BO1 a 20 m).

Tab. 3-IV - Microinquinanti organici (BTEX; µg/L) determinati nel corso dei survey condotti nel 2° semestre 2019.

Stazione	Benzene			Etilbenzene			Stirene		
	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	0,018	0,016	0,010	0,200	< 0,01	0,015	0,740	0,030	0,036
BO1 20 m	0,013	0,012	0,014	0,098	0,015	0,048	0,400	0,035	0,370
BO1 40 m	0,011	0,012	0,011	0,100	< 0,01	0,015	0,360	0,029	0,045
BO1 fondo	0,010	< 0,01	< 0,010	0,110	0,013	0,013	0,430	0,035	0,036
BO2 sup	0,059	0,012	0,013	0,031	0,011	0,012	0,330	0,035	0,039
BO2 20 m	0,016	0,011	< 0,010	0,180	< 0,01	0,013	0,590	0,028	0,034
BO2 40 m	0,010	0,011	< 0,010	0,140	0,010	0,014	0,400	0,034	0,042
BO2 fondo	0,013	< 0,01	< 0,010	0,074	0,011	0,013	0,430	0,034	0,042
BO3 sup	0,028	0,013	0,011	0,140	< 0,01	0,018	0,550	0,028	0,056
BO3 20 m	0,015	0,011	0,010	0,130	< 0,01	0,016	0,540	0,032	0,042
BO3 40 m	0,011	0,012	0,010	0,073	0,013	0,016	0,310	0,033	0,043
BO3 fondo	0,012	< 0,01	0,011	0,110	< 0,01	0,015	0,410	0,020	0,043
BO4 sup	0,013	0,013	0,010	0,029	< 0,01	0,017	0,420	0,034	0,045
BO4 20 m	0,014	0,011	0,010	0,021	< 0,01	0,015	0,210	0,026	0,038
BO4 40 m	0,011	0,012	0,010	0,021	0,016	0,017	0,300	0,045	0,050
BO4 fondo	0,011	< 0,01	0,011	0,021	0,011	0,015	0,230	0,029	0,045
BO5 sup	0,012	0,011	< 0,010	0,120	< 0,01	0,030	0,280	0,026	0,210
BO5 20 m	0,012	0,014	< 0,010	0,064	< 0,01	0,036	0,150	0,032	0,270
BO5 40 m	0,011	< 0,01	< 0,010	0,051	< 0,01	0,033	0,094	0,025	0,220
BO5 fondo	< 0,01	< 0,01	0,011	0,021	0,011	0,043	0,031	0,035	0,220
BO6 sup	< 0,01	0,011	< 0,010	0,047	< 0,01	0,049	0,077	0,025	0,300
BO6 20 m	0,011	< 0,01	< 0,010	0,043	< 0,01	0,025	0,077	0,027	0,074
BO6 40 m	< 0,01	< 0,01	0,011	0,025	0,011	0,045	0,040	0,026	0,260
BO6 fondo	< 0,01	< 0,01	0,012	0,049	0,013	0,046	0,068	0,028	0,280
BO7 sup	0,024	< 0,01	< 0,010	0,140	< 0,01	0,023	0,330	0,028	0,088
BO7 20 m	0,014	< 0,01	< 0,010	0,095	< 0,01	0,034	0,230	0,024	0,240
BO7 40 m	0,011	< 0,01	< 0,010	0,064	< 0,01	0,025	0,130	0,027	0,093
BO7 fondo	0,011	< 0,01	< 0,010	0,070	< 0,01	0,033	0,150	0,025	0,210
BO8 sup	0,020	0,011	< 0,010	0,240	< 0,01	0,022	0,780	0,027	0,140
BO8 20 m	0,014	0,011	< 0,010	0,014	< 0,01	0,032	0,053	0,028	0,240
BO8 40 m	0,012	< 0,01	< 0,010	< 0,01	< 0,01	0,032	0,037	0,029	0,200
BO8 fondo	0,011	< 0,01	< 0,010	< 0,01	< 0,01	0,036	0,033	0,026	0,270

Tab. 3-IV – Continuo.

Stazione	Toluene			Xilene		
	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	0,140	< 0,05	< 0,05	0,110	< 0,02	0,020
BO1 20 m	0,120	< 0,05	< 0,1	0,058	0,042	0,057
BO1 40 m	0,130	< 0,05	< 0,1	0,060	< 0,02	< 0,05
BO1 fondo	0,130	< 0,05	< 0,1	0,064	< 0,02	< 0,05
BO2 sup	0,130	< 0,05	< 0,1	< 0,05	< 0,02	< 0,05
BO2 20 m	0,150	< 0,05	< 0,1	0,095	< 0,02	< 0,05
BO2 40 m	0,140	< 0,05	< 0,1	0,076	< 0,02	< 0,05
BO2 fondo	0,110	< 0,05	< 0,1	0,039	< 0,02	< 0,05
BO3 sup	0,140	< 0,05	< 0,05	0,069	< 0,02	0,024
BO3 20 m	0,150	< 0,05	< 0,05	0,076	< 0,02	0,021
BO3 40 m	0,170	< 0,05	< 0,05	0,048	< 0,02	0,021
BO3 fondo	0,180	< 0,05	< 0,05	0,064	< 0,02	0,020
BO4 sup	0,180	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,034
BO4 20 m	0,100	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,021
BO4 40 m	0,110	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,023
BO4 fondo	0,120	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,05
BO5 sup	0,088	< 0,1	< 0,1	0,087	< 0,05	0,034
BO5 20 m	0,100	< 0,1	< 0,1	0,053	< 0,05	0,037
BO5 40 m	0,100	< 0,1	< 0,1	0,048	< 0,05	0,035
BO5 fondo	0,064	< 0,1	< 0,05	0,021	< 0,05	0,057
BO6 sup	0,069	< 0,1	0,053	0,031	< 0,05	0,065
BO6 20 m	0,069	< 0,1	< 0,05	0,028	< 0,05	0,031
BO6 40 m	0,072	< 0,1	0,063	< 0,02	< 0,05	0,060
BO6 fondo	0,053	< 0,1	0,053	0,029	< 0,05	0,060
BO7 sup	0,110	< 0,1	< 0,1	0,096	< 0,05	0,026
BO7 20 m	0,110	< 0,1	< 0,1	0,070	< 0,05	0,037
BO7 40 m	0,130	< 0,1	< 0,1	0,051	< 0,05	0,028
BO7 fondo	0,081	< 0,1	< 0,1	0,054	< 0,05	0,034
BO8 sup	0,180	< 0,1	< 0,1	0,190	< 0,05	0,022
BO8 20 m	0,110	< 0,1	< 0,1	< 0,02	< 0,05	0,035
BO8 40 m	0,100	< 0,1	< 0,1	< 0,02	< 0,05	0,035
BO8 fondo	0,100	< 0,1	< 0,1	< 0,02	< 0,05	0,035

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

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

Tab. 3-V - Concentrazioni (mg/L) di Glicole etilenico registrate nel corso dei survey condotti nel 2° semestre 2019.

Stazione	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2

3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nel 2° semestre 2019 sono nel complesso risultate basse e spesso solo sporadicamente superiori al LR (Tab. 3-VI).

Alluminio - A luglio le maggiori concentrazioni sono state rilevate in generale ai controlli, anche se mediamente non sono emerse particolari differenze tra i due gruppi di siti a causa di un'elevata variabilità (BO1-BO4: $6,25 \pm 5,31$; BO5-BO8: $16,91 \pm 8,98$ $\mu\text{g/L}$). Il massimo assoluto ($32,00$ $\mu\text{g/L}$) è stato registrato in BO6 in superficie.

A ottobre la dispersione dei dati è stata ancora maggiore essendo le concentrazioni variabili tra 0,16 e 240,00 µg/L, massimo assoluto registrato sul fondo della BO6. Escludendo tale massimo, i valori medi dei due set di stazioni sono risultati omogenei (BO1-BO4: 2,01±3,56; BO5-BO8: 1,19±0,53 µg/L). La media complessiva è stata di 10,40±45,95 µg/L, ma senza il massimo sulla BO6 diventa di 1,57±2,43 µg/L. A dicembre solo quattro valori (13%) sono risultati maggiori del LR, tutti molto bassi.

Arsenico - A luglio l'arsenico è risultato omogeneamente distribuito e in basse concentrazioni, come si evince dalla media complessiva (0,47±0,07 µg/L). Valori molto più dispersi, soprattutto nelle stazioni di controllo, sono stati registrati a ottobre. Il massimo assoluto di 12,00 µg/L nella stazione BO6 sul fondo. Non considerando tale valore le medie dei due set di stazioni sono risultati allineati (BO1-BO4: 0,35±0,33; BO5-BO8: 0,32±0,27 µg/L. Infine a dicembre le concentrazioni sono state molto basse e omogeneamente distribuite. La media complessiva è stata pari a 0,23±0,03 µg/L.

Bario - Il bario ha mostrato una certa omogeneità geografica a luglio e dicembre (luglio: range di 1,60-3,60 µg/L e media di 2,28±0,61 µg/L; dicembre: range di 0,07-0,71 µg/L e media di 0,38±0,19µg/L). Ottobre è stato caratterizzato da una notevole dispersione di dati a causa di un massimo assoluto di 680,00 µg/L registrato nella stazione BO6 al fondo. Anche per questo metallo escludendo tale valore le concentrazioni dei due gruppi di siti sono risultate omogenee (BO1-BO4: 1,39±1,05; BO5-BO8: 1,33±1,05 µg/L).

Cadmio - Solo pochi valori hanno superato la soglia del LR: tre a luglio (valori prossimi al LR), quattro in ottobre quando ancora una volta è stato raggiunto il massimo assoluto sul fondo del controllo BO6, escludendo il quale il range è stato 0,02-0,83 µg/L, e nessun valore a dicembre.

Cromo - Analogamente al cadmio solo pochi valori sono risultati superiori al LR: 9 a luglio, prevalentemente relativi a campioni di controllo (range 0,11-1,70 µg/L), e uno in ottobre e a dicembre. In generale, le concentrazioni sono state molto modeste eccetto il massimo di ottobre sul fondo della BO6.

Ferro - A luglio si è rilevata una concentrazione media complessiva di 11,05±7,44 µg/L (range 2,50-29,00 µg/L) e le concentrazioni sono apparse in generale maggiori ai controlli. Ad ottobre si è avuto un generale decremento ma in BO6 fondo è stato raggiunto il massimo assoluto pari a 230,00 µg/L. Escludendo tale valore le medie

relative a BO1-BO5 e a BO5-BO8 sono risultate omogenee ($2,59 \pm 2,21$ e $2,10 \pm 1,87$ $\mu\text{g/L}$ rispettivamente). A dicembre si sono avuti valori spesso inferiori e omogenei, inferiori al LR in 5 campioni.

Mercurio – Non rilevato a luglio, a ottobre e a dicembre il mercurio è risultato distribuito omogeneamente. In ottobre tutte le concentrazioni sono risultate superiori al LR e la media complessiva è stata di $0,029 \pm 0,018$ $\mu\text{g/L}$; a dicembre questo metallo non è stato quantificato in BO7, BO8 e in 3 quote di BO4. Nei restanti campioni la media complessiva è stata $0,026 \pm 0,017$ $\mu\text{g/L}$.

Nichel - A luglio solo cinque valori (16%) hanno superato il LR, con range di $0,17$ - $3,60$ $\mu\text{g/L}$, tutti riscontrati nelle stazioni di controllo, mentre ad ottobre i valori maggiori del LR sono stati solo tre, con massimo di 21 $\mu\text{g/L}$ nella stazione BO6 sul fondo. A dicembre sono stati registrati valori bassi e poco dispersi, con media di $0,12 \pm 0,07$ $\mu\text{g/L}$ sul 69 % dei campioni totali.

Piombo – Relativamente al piombo, a luglio, ottobre e dicembre solo 12, 6, e 9 campioni su 32, rispettivamente, sono risultati al di sopra del LR. Nel 1° monitoraggio è stata registrata una media complessiva di $0,267 \pm 0,154$ $\mu\text{g/L}$, ad ottobre il range è stato $0,026$ - $0,670$ $\mu\text{g/L}$ (escludendo il massimo assoluto di $12,000$ $\mu\text{g/L}$ sul fondo della BO6) e a dicembre è stato $0,021$ - $0,120$ $\mu\text{g/L}$. E' da rilevare che il LR a ottobre e dicembre si è ridotto notevolmente.

Rame - A luglio solo il 50% dei campioni risultava superiore alla soglia del LR, con una media complessiva di $1,18 \pm 1,21$ $\mu\text{g/L}$. In ottobre e in dicembre solo 5 e 2 campioni rispettivamente erano al di sopra del LR, nonostante la riduzione del LR in dicembre. Escludendo anche in questo caso il massimo assoluto di $210,00$ $\mu\text{g/L}$ rilevato sul fondo della BO6, in ottobre il range delle concentrazioni rilevate è stato pari a $0,11$ - $1,30$ $\mu\text{g/L}$, mentre a dicembre sono stati registrati $0,16$ $\mu\text{g/L}$ in BO1 al fondo e $1,90$ $\mu\text{g/L}$ in BO3 a 20 m di profondità.

Vanadio - Il vanadio è risultato omogeneamente distribuito e con valori bassi a luglio e dicembre (medie complessive di $0,45 \pm 0,07$ $\mu\text{g/L}$ e $0,24 \pm 0,04$ $\mu\text{g/L}$, rispettivamente). A causa del solito massimo assoluto nella stazione BO6 al fondo (56 $\mu\text{g/L}$), la dispersione a ottobre risulta elevata. Escludendo tale massimo anche in questo survey la distribuzione è risultata molto omogenea e confrontabile con quella di dicembre ($0,26 \pm 0,23$ $\mu\text{g/L}$).

Zinco - A luglio e ottobre solo uno e due valori, rispettivamente, sono risultati al di sopra del LR. Il massimo rilevato a ottobre proveniva anche in questo caso dalla stazione BO6 sul fondo ed è da considerare, come per gli altri metalli, un outlier. A dicembre lo zinco è stato quantificato in 15 campioni su 16 provenienti dai siti BO1-BO4 e in 7 su 16 provenienti dai siti BO5-BO8, aventi una media complessiva di $1,33 \pm 1,17 \mu\text{g/L}$.

Indio - A luglio questo metallo è stato quantificato esclusivamente sul fondo del controllo BO8. Non rilevabile in ottobre, a dicembre è stato osservato sul 56% dei campioni (18), aventi una concentrazione media di $0,28 \pm 0,12 \mu\text{g/L}$.

Silicio – Anche il silicio è risultato non rilevabile a luglio. Nelle altre due campagne le distribuzioni sono risultate geograficamente omogenee e le concentrazioni basse, come indicato dalla media di ottobre ($0,07 \pm 0,04 \text{ mg/L}$) e da quella di dicembre ($0,10 \pm 0,06 \text{ mg/L}$).

Tab. 3-VI - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di metalli pesanti nel corso dei survey condotti nel 2° semestre 2019.

Stazione	Alluminio			Arsenico			Bario		
	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	4,50	1,50	2,70	0,42	0,22	0,30	1,80	1,60	0,44
BO1 20 m	2,90	3,20	< 0,081	0,37	0,25	0,21	1,80	0,95	0,18
BO1 40 m	3,80	< 0,10	< 0,081	0,49	1,30	0,27	2,00	5,10	0,25
BO1 fondo	2,40	0,92	< 0,081	0,47	0,21	0,25	1,90	1,30	0,47
BO2 sup	< 0,10	0,16	< 0,081	0,39	0,18	0,18	2,00	0,75	0,21
BO2 20 m	15,00	< 0,10	< 0,081	0,38	0,22	0,22	1,80	0,90	0,072
BO2 40 m	18,00	0,25	< 0,081	0,53	0,23	0,22	2,00	0,95	0,11
BO2 fondo	3,20	1,10	< 0,081	0,48	0,24	0,20	2,10	1,30	0,32
BO3 sup	< 0,10	13,00	< 0,081	0,37	1,10	0,25	1,70	2,20	0,51
BO3 20 m	1,80	< 0,10	< 0,081	0,38	0,24	0,25	1,60	1,10	0,26
BO3 40 m	3,40	0,26	< 0,081	0,45	0,25	0,21	2,30	1,00	0,17
BO3 fondo	6,20	0,51	< 0,081	0,33	0,24	0,26	1,60	1,20	0,51
BO4 sup	11,00	1,50	< 0,081	0,49	0,21	0,24	2,60	0,81	0,40
BO4 20 m	2,90	0,92	< 0,081	0,49	0,24	0,17	1,60	1,00	< 0,0056
BO4 40 m	11,00	< 0,10	< 0,081	0,49	0,25	0,18	1,90	1,00	0,17
BO4 fondo	1,40	0,77	< 0,081	0,48	0,23	0,24	1,70	1,10	0,36
BO5 sup	21,00	1,50	< 0,40	0,56	0,28	0,24	3,60	1,10	< 1,0
BO5 20 m	21,00	1,90	< 0,40	0,50	0,26	0,24	2,60	1,20	< 1,0
BO5 40 m	23,00	1,30	< 0,40	0,57	0,25	0,24	2,60	0,98	< 1,0
BO5 fondo	25,00	2,00	< 0,40	0,57	0,24	0,25	3,30	1,00	< 1,0
BO6 sup	32,00	1,80	< 0,40	0,56	0,27	0,22	3,60	1,30	< 1,0
BO6 20 m	31,00	1,60	< 0,40	0,61	0,25	0,23	3,60	1,20	< 1,0
BO6 40 m	16,00	1,30	< 0,40	0,47	0,24	0,22	2,50	0,94	< 1,0
BO6 fondo	17,00	240,00	< 0,40	0,56	12,00	0,26	2,90	680,00	< 1,0
BO7 sup	5,70	0,53	< 0,40	0,46	0,25	0,21	2,60	0,98	< 1,0
BO7 20 m	21,00	0,93	< 0,081	0,50	0,23	0,25	2,40	0,97	0,50
BO7 40 m	9,60	1,20	0,34	0,42	1,30	0,25	1,60	5,10	0,56
BO7 fondo	5,20	0,53	0,58	0,43	0,30	0,26	2,50	1,20	0,68
BO8 sup	< 0,10	0,32	4,40	0,41	0,27	0,23	2,40	0,93	< 1,0
BO8 20 m	11,00	0,83	< 0,081	0,45	0,23	0,20	1,70	1,00	0,58
BO8 40 m	4,10	< 0,10	< 0,081	0,54	0,23	0,28	2,20	1,00	0,71
BO8 fondo	11,00	0,92	< 0,081	0,49	0,27	0,21	2,50	1,10	0,59

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Cadmio			Cromo			Ferro		
	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,60	2,60	3,10
BO1 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	9,00	1,70	1,40
BO1 40 m	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	9,30	7,30	1,70
BO1 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,10	1,30	2,90
BO2 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,13	3,70	1,50	3,90
BO2 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	7,70	1,80	0,88
BO2 40 m	0,013	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	5,60	1,90	2,40
BO2 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	7,80	1,70	2,30
BO3 sup	< 0,010	0,830	< 0,010	< 0,10	0,73	< 0,10	3,30	9,00	4,10
BO3 20 m	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,00	1,50	2,60
BO3 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,11	< 0,10	< 0,10	6,40	2,20	1,80
BO3 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,60	2,00	4,70
BO4 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,16	< 0,10	< 0,10	9,10	1,90	3,60
BO4 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,10	1,60	< 0,40
BO4 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	7,20	2,00	0,77
BO4 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,50	1,50	1,20
BO5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	18,00	1,60	9,00
BO5 20 m	< 0,010	0,022	< 0,010	0,12	< 0,10	< 0,10	29,00	2,00	2,60
BO5 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,11	< 0,10	< 0,10	24,00	1,90	2,90
BO5 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,15	< 0,10	< 0,10	21,00	1,60	2,60
BO6 sup	< 0,010	0,032	< 0,010	0,44	< 0,10	< 0,10	26,00	1,90	1,90
BO6 20 m	< 0,010	0,029	< 0,010	0,14	< 0,10	< 0,10	28,00	1,30	11,00
BO6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	15,00	1,80	2,10
BO6 fondo	< 0,010	4,800	< 0,010	0,19	51,00	< 0,10	14,00	230,00	2,30
BO7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	9,50	1,30	< 0,40
BO7 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,00	1,60	< 0,40
BO7 40 m	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	12,00	8,80	0,83
BO7 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,20	1,60	0,55
BO8 sup	0,013	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,30	1,40	1,40
BO8 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	7,40	1,70	< 0,40
BO8 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,20	1,40	< 0,40
BO8 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,70	< 0,10	< 0,10	17,00	1,60	1,40

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Mercurio			Nichel			Piombo		
	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 0,050	0,0190	0,0092	< 0,10	< 0,040	0,095	< 0,10	< 0,020	0,030
BO1 20 m	< 0,050	0,0170	0,0078	< 0,10	< 0,040	0,090	< 0,10	< 0,020	0,038
BO1 40 m	< 0,050	0,0760	0,0100	< 0,10	< 0,10	< 0,040	< 0,10	< 0,10	0,120
BO1 fondo	< 0,050	0,0130	0,058	< 0,10	< 0,040	0,180	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO2 sup	< 0,050	0,0340	0,0099	< 0,10	< 0,040	0,370	< 0,10	< 0,020	0,042
BO2 20 m	< 0,050	0,0290	0,0084	< 0,10	< 0,040	0,079	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO2 40 m	< 0,050	0,0230	0,0130	< 0,10	< 0,040	0,059	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO2 fondo	< 0,050	0,0250	0,0130	< 0,10	< 0,040	0,055	0,110	< 0,020	< 0,020
BO3 sup	< 0,050	0,0300	0,0300	< 0,10	1,000	0,130	< 0,10	0,670	0,046
BO3 20 m	< 0,050	0,0210	0,0140	< 0,10	< 0,040	0,150	< 0,10	< 0,020	0,023
BO3 40 m	< 0,050	0,0170	0,0097	< 0,10	< 0,040	0,130	0,120	< 0,020	< 0,020
BO3 fondo	< 0,050	0,0180	0,0160	< 0,10	< 0,040	0,210	< 0,10	< 0,020	0,025
BO4 sup	< 0,050	0,0140	0,032	< 0,10	0,045	0,140	0,110	< 0,020	< 0,020
BO4 20 m	< 0,050	0,0190	< 0,0020	< 0,10	< 0,040	0,061	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO4 40 m	< 0,050	0,0290	< 0,0020	< 0,10	< 0,040	0,084	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO4 fondo	< 0,050	0,0400	< 0,0020	< 0,10	< 0,040	0,130	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO5 sup	< 0,050	0,0370	0,0640	< 0,10	< 0,040	0,069	0,280	< 0,020	< 0,020
BO5 20 m	< 0,050	0,0270	0,0510	0,170	< 0,040	0,130	0,280	0,032	0,021
BO5 40 m	< 0,050	0,0270	0,0420	< 0,10	< 0,040	0,097	0,340	< 0,020	< 0,020
BO5 fondo	< 0,050	0,0260	0,0320	< 0,10	< 0,040	0,110	0,680	< 0,020	< 0,020
BO6 sup	< 0,050	0,0240	0,0340	0,530	< 0,040	0,084	0,330	0,140	< 0,020
BO6 20 m	< 0,050	0,0230	0,0300	< 0,10	< 0,040	0,050	0,2900	0,041	< 0,020
BO6 40 m	< 0,050	0,0190	0,0280	< 0,10	< 0,040	0,069	0,190	0,026	< 0,020
BO6 fondo	< 0,050	0,0650	0,0290	< 0,10	21,000	< 0,040	0,230	12,000	< 0,020
BO7 sup	< 0,050	0,0210	< 0,0020	< 0,10	< 0,040	< 0,040	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO7 20 m	< 0,050	0,0210	< 0,0020	< 0,10	< 0,040	< 0,040	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO7 40 m	< 0,050	0,1000	< 0,0020	< 0,10	< 0,10	< 0,040	< 0,10	< 0,10	< 0,020
BO7 fondo	< 0,050	0,0210	< 0,0020	0,200	< 0,040	< 0,040	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO8 sup	< 0,050	0,0250	< 0,0020	< 0,10	< 0,040	< 0,040	< 0,10	< 0,020	0,069
BO8 20 m	< 0,050	0,0220	< 0,0020	0,540	< 0,040	< 0,040	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO8 40 m	< 0,050	0,0260	< 0,0020	< 0,10	< 0,040	< 0,040	< 0,10	< 0,020	< 0,020
BO8 fondo	< 0,050	0,0200	< 0,0020	3,600	< 0,040	< 0,040	0,240	< 0,020	< 0,020

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Rame			Vanadio			Zinco		
	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,39	0,2	0,27	< 0,10	< 0,10	1,40
BO1 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,44	0,15	0,22	< 0,10	< 0,10	1,20
BO1 40 m	< 0,10	0,17	< 0,039	0,39	0,93	0,25	< 0,10	< 0,10	0,70
BO1 fondo	< 0,10	< 0,10	0,16	0,38	0,16	0,23	< 0,10	< 0,10	2,20
BO2 sup	0,26	< 0,10	< 0,039	0,4	0,12	0,20	< 0,10	< 0,10	5,00
BO2 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,49	0,21	0,21	< 0,10	< 0,10	0,64
BO2 40 m	0,20	< 0,10	< 0,039	0,45	0,18	0,22	< 0,10	< 0,10	0,67
BO2 fondo	0,60	< 0,10	< 0,039	0,38	0,16	0,21	< 0,10	< 0,10	0,69
BO3 sup	< 0,10	1,30	< 0,039	0,34	0,90	0,30	< 0,10	0,97	2,40
BO3 20 m	< 0,10	< 0,10	1,90	0,35	0,14	0,23	< 0,10	< 0,10	3,00
BO3 40 m	0,64	< 0,10	< 0,039	0,38	0,18	0,21	< 0,10	< 0,10	0,50
BO3 fondo	0,17	< 0,10	< 0,039	0,38	0,15	0,31	< 0,10	< 0,10	1,30
BO4 sup	0,95	< 0,10	< 0,039	0,54	0,12	0,30	< 0,10	< 0,10	0,16
BO4 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,41	0,15	0,17	< 0,10	< 0,10	< 0,090
BO4 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,44	0,16	0,21	< 0,10	< 0,10	0,21
BO4 fondo	0,19	< 0,10	< 0,039	0,40	0,15	0,23	< 0,10	< 0,10	0,10
BO5 sup	1,70	< 0,10	< 0,40	0,52	0,18	0,26	< 0,10	< 0,10	1,30
BO5 20 m	1,40	< 0,10	< 0,40	0,59	0,19	0,18	< 0,10	< 0,10	1,50
BO5 40 m	0,36	< 0,10	< 0,40	0,53	0,18	0,23	< 0,10	< 0,10	< 0,40
BO5 fondo	2,90	< 0,10	< 0,40	0,52	0,20	0,25	< 0,10	< 0,10	0,46
BO6 sup	4,40	0,39	< 0,40	0,54	0,21	0,23	9,00	< 0,10	0,77
BO6 20 m	2,10	< 0,10	< 0,40	0,58	0,21	0,26	< 0,10	< 0,10	1,80
BO6 40 m	2,20	0,11	< 0,40	0,54	0,18	0,24	< 0,10	< 0,10	< 0,40
BO6 fondo	< 0,10	210,00	< 0,40	0,52	56,00	0,24	< 0,10	180,00	0,56
BO7 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,40	0,47	0,22	0,21	< 0,10	< 0,10	< 0,40
BO7 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,43	0,25	0,25	< 0,10	< 0,10	< 0,090
BO7 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,41	0,99	0,28	< 0,10	< 0,10	< 0,40
BO7 fondo	0,70	< 0,10	< 0,039	0,43	0,24	0,31	< 0,10	< 0,10	< 0,40
BO8 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,40	0,35	0,20	0,23	< 0,10	< 0,10	2,70
BO8 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,43	0,21	0,28	< 0,10	< 0,10	< 0,40
BO8 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,039	0,49	0,20	0,27	< 0,10	< 0,10	< 0,090
BO8 fondo	0,12	< 0,10	< 0,039	0,49	0,22	0,28	< 0,10	< 0,10	< 0,40

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Indio			Silicio		
	Luglio	Ottobre	Dicembre	Luglio	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 0,10	< 0,10	0,27	< 0,026	0,040	0,076
BO1 20 m	< 0,10	< 0,10	0,38	< 0,026	0,060	0,065
BO1 40 m	< 0,10	< 0,10	0,27	< 0,026	0,060	0,081
BO1 fondo	< 0,10	< 0,10	0,14	< 0,026	0,140	0,200
BO2 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,040	0,066
BO2 20 m	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,026	0,055	0,068
BO2 40 m	< 0,10	< 0,10	0,24	< 0,026	0,065	0,070
BO2 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,140	0,200
BO3 sup	< 0,10	< 0,10	0,49	< 0,026	0,050	0,067
BO3 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,055	0,052
BO3 40 m	< 0,10	< 0,10	0,33	< 0,026	0,055	0,082
BO3 fondo	< 0,10	< 0,10	0,16	< 0,026	0,130	0,190
BO4 sup	< 0,10	< 0,10	0,2	< 0,026	0,040	0,064
BO4 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,045	0,069
BO4 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,050	0,065
BO4 fondo	< 0,10	< 0,10	0,31	< 0,026	0,140	0,210
BO5 sup	< 0,10	< 0,10	0,24	< 0,026	0,030	0,068
BO5 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	< 0,026	0,068
BO5 40 m	< 0,10	< 0,10	0,26	< 0,026	0,045	0,070
BO5 fondo	< 0,10	< 0,10	0,13	< 0,026	0,140	0,180
BO6 sup	< 0,10	< 0,10	0,41	< 0,026	0,035	0,071
BO6 20 m	< 0,10	< 0,10	0,29	< 0,026	0,035	0,080
BO6 40 m	< 0,10	< 0,10	0,53	< 0,026	< 0,026	0,059
BO6 fondo	< 0,10	< 0,10	0,23	< 0,026	0,110	0,190
BO7 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,035	0,075
BO7 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,040	0,070
BO7 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	< 0,026	0,065
BO7 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,120	0,180
BO8 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,050	0,068
BO8 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,060	0,055
BO8 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,030	0,070
BO8 fondo	9,40	< 0,10	< 0,10	< 0,026	0,140	0,190

3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI

In questo capitolo vengono analizzati i risultati dei monitoraggi effettuati nell'area della piattaforma Bonaccia NW nelle campagne condotte nel 2019 a febbraio (ENI1_2019), maggio (ENI2_2019), luglio (ENI3_2019), ottobre (ENI4_2019) e dicembre (ENI5_2019).

3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

Dall'analisi della distribuzione verticale nel tempo (fig. 3.22) è possibile ricostruire il caratteristico ciclo di variazione annuale della temperatura. Il processo di rimescolamento invernale è evidente dalla distribuzione omogenea registrata a febbraio, con valori minimi e uniformi su tutta la colonna d'acqua (media $12,98 \pm 0,30^\circ\text{C}$). A maggio è visibile l'inizio della formazione del gradiente verticale di temperatura (termocline), il cui successivo approfondimento è ben rappresentato dalla marcata stratificazione verticale presente nel mese di luglio, con i valori massimi registrati nello strato superficiale. Ad ottobre la regressione del termocline riflette l'inizio del processo di rimescolamento verticale che precede il ritorno alla distribuzione omogenea invernale, visibile a dicembre (temperatura media $16,74 \pm 0,52^\circ\text{C}$). Il minimo di temperatura ($11,37^\circ\text{C}$) è stato registrato al fondo nel mese di febbraio.

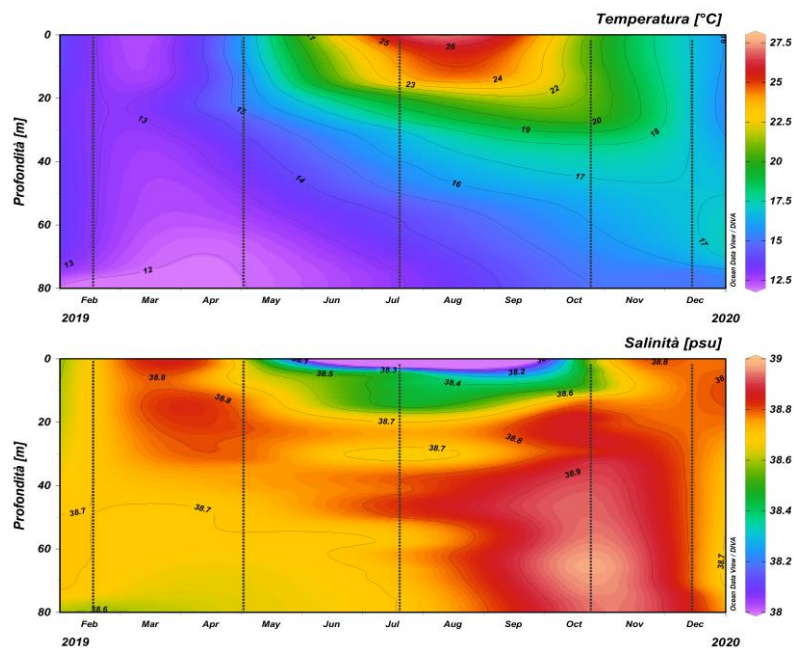


Fig. 3.22 - Andamento annuale della temperatura ($^\circ\text{C}$) e della salinità (psu) per la piattaforma Bonaccia NW (da febbraio a dicembre 2019).

Similmente, anche la distribuzione verticale di salinità a febbraio evidenzia il processo di rimescolamento verticale, con misure omogenee su tutta la colonna d'acqua ($38,69 \pm 0,02$ psu), mentre nel resto dell'anno è stata rilevata una distribuzione alquanto variabile lungo la verticale. La variabilità massima è stata registrata nel periodo estivo e autunnale, con i valori minimi rilevati nello strato superficiale a luglio (minimo $37,24$ psu) e i massimi su scala annuale nello strato intermedio e di fondo nelle misure effettuate ad ottobre; a dicembre si ritrova una distribuzione piuttosto omogenea, con salinità medie più elevate rispetto a febbraio (media $38,79 \pm 0,01$ psu). A dicembre è stata rilevata nuovamente una distribuzione uniforme fino quasi al fondo (media $38,73 \pm 0,01$ psu).

La distribuzione del materiale sospeso (fig.3.23) è risultata piuttosto omogenea su tutta la colonna d'acqua nei mesi di febbraio (media $1,0 \pm 0,0$ mg l⁻¹) e luglio (media $1,1 \pm 0,2$ mg l⁻¹), quando sono stati registrati anche i massimi al fondo ($2,2$ mg l⁻¹). Valori bassi ($<0,7$ mg l⁻¹) sono stati registrati in quasi tutta la colonna d'acqua a maggio e ottobre. Da notare che le maggiori concentrazioni sono state rilevate in prossimità del fondo in tutte le campagne di misura.

Le percentuali di saturazione dell'ossigeno disciolto sono risultate $>100\%$ fino a circa 70 m di profondità in tutti i campionamenti, con i minimi al fondo ($<85\%$) a luglio e dicembre (fig. 3.23). Valori massimi ($>110\%$) sono stati rilevati a quote intermedie nel mese di luglio. La distribuzione verticale è risultata completamente omogenea a febbraio (media $97,9 \pm 0,8\%$) e quasi fino al fondo a dicembre ($96,6 \pm 0,4\%$). Non si sono verificati comunque eventi di anossia o ipossia nel corso dell'anno.

L'attività fotosintetica, come evidenziato dalla fluorescenza in situ (fig. 3.23), ha mostrato valori massimi (>1 µg l⁻¹) nello strato intermedio tra febbraio e maggio e valori variabili ma generalmente bassi ($<0,5$ µg l⁻¹) nei restanti periodi di campionamento. A luglio è stato anche rilevato uno strato superficiale con i valori minimi assoluti ($<0,1$ µg l⁻¹).

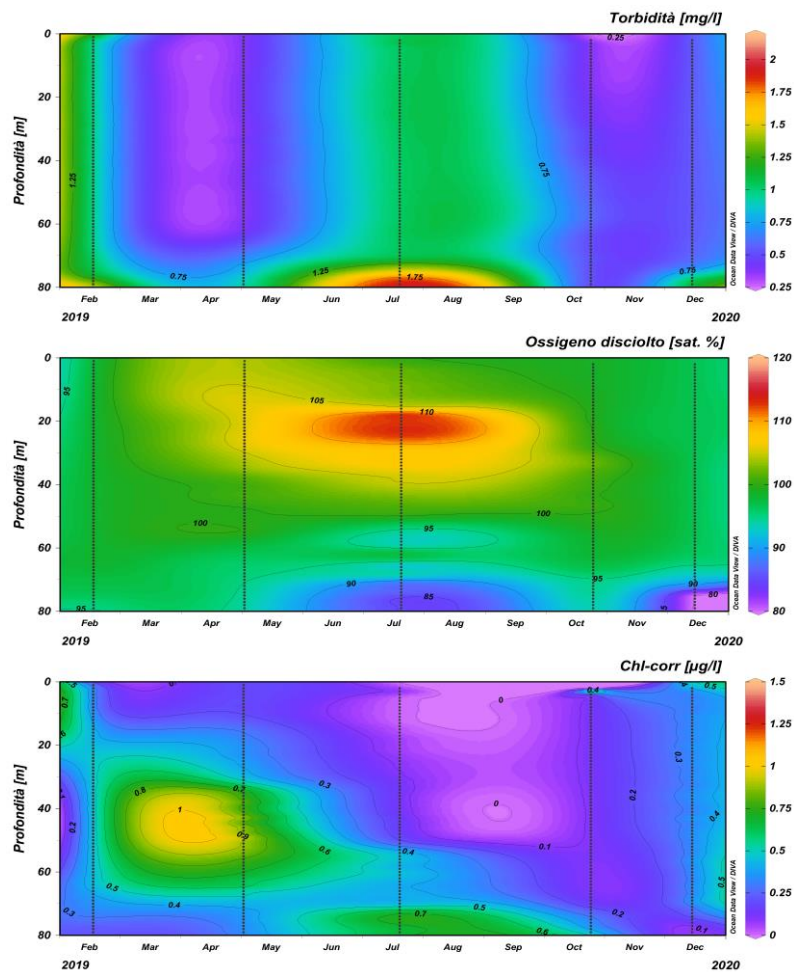


Fig. 3.23 - Andamento della torbidità (in mg l^{-1}), dell'ossigeno disciolto (in % di saturazione) e della fluorescenza in situ (espressa come $\mu\text{g l}^{-1}$ di clorofilla) per la piattaforma Bonaccia NW (da febbraio a dicembre 2019).

3.1.7.2 Indagini sugli inquinanti

Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi policiclici aromatici

I valori di concentrazione (fig. 3.24) mostrano che nella seconda metà del 2019, dopo un picco a luglio determinato però solo da pochissimi campioni al di sopra del LR, gli idrocarburi sono pressochè scomparsi dalla colonna d'acqua.

Gli **IT** hanno presentato una leggera diminuzione da febbraio a maggio, ma senza valore statistico data la sovrapposizione delle barre di dispersione. Dopo il picco di luglio, determinato però da solo due valori su 32 totali, a ottobre le concentrazioni sono risultate tutte al di sotto del LR, per poi risalire leggermente a dicembre, con solo il 31% dei valori maggiori del LR, tutti nelle stazioni BO1-BO4. L'andamento annuale degli **IA** è risultato analogo a quello appena descritto. Gli **IPA** avevano presentato a febbraio una certa

omogeneità spaziale, sia geografica che lungo la colonna d'acqua. Per il resto dell'anno solo una minima parte delle concentrazioni è risultata rilevabile, e nessuna a ottobre. La presenza di IPA risulta quindi pressocchè irrilevante a partire da maggio in poi.

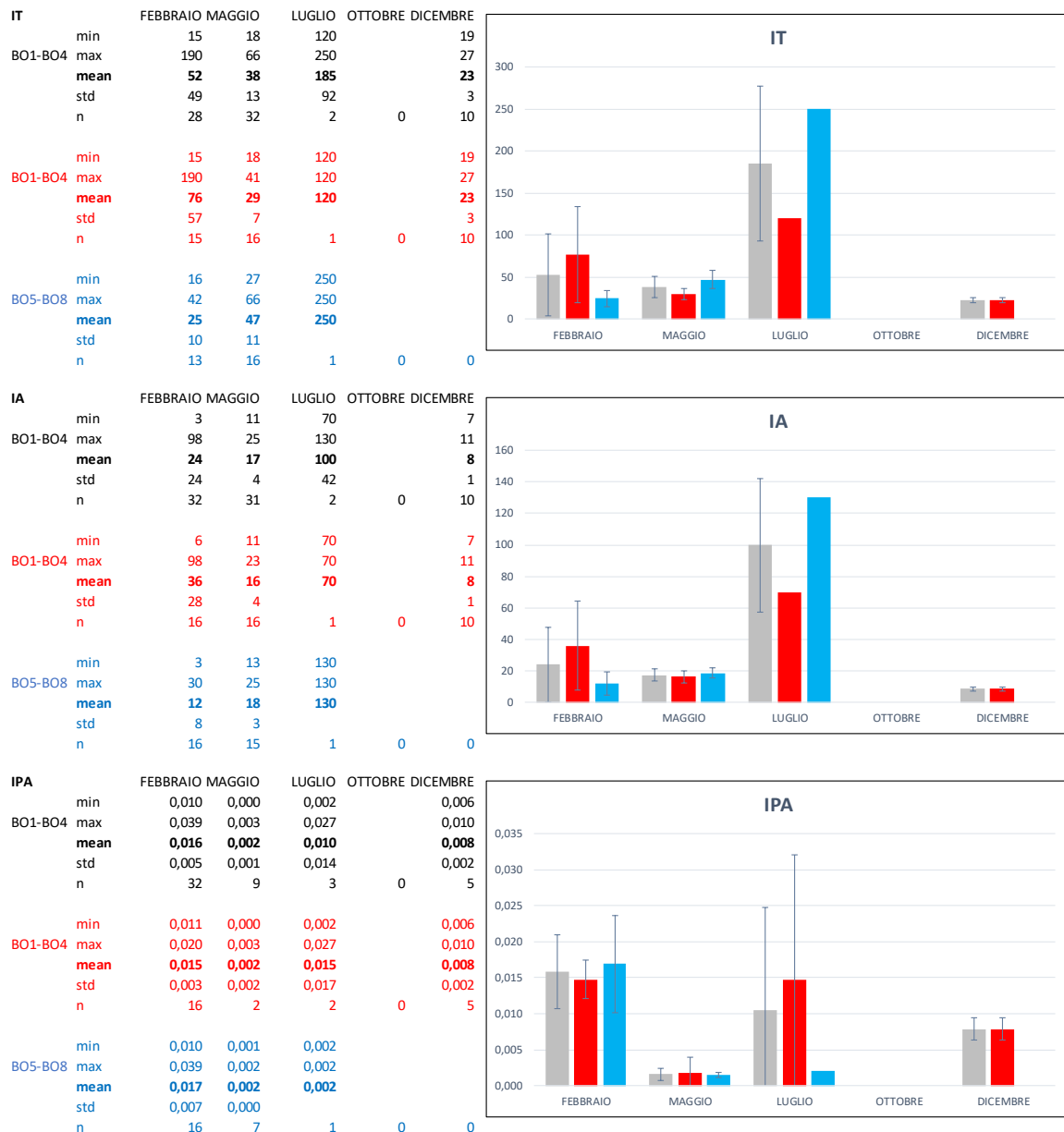


Fig. 3.24 - Andamento degli IT, IA, IPA relativo al 2019. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1-BO8, in nero; in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Bonaccia NW (BO1-BO4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (BO5-BO8, in azzurro).

BTEX

Per i BTEX (Fig. 3.25) in generale non si riscontra un comune andamento annuale, ma i valori possono essere considerati bassi.

Il **benzene** ha presentato una distribuzione geograficamente omogenea eccetto a febbraio quando non è stato rilevato ai controlli e, considerando le barre di dispersione, una omogeneità di valori.

Gli andamenti delle concentrazioni di **etilbenzene** e **stirene** sono risultati simili. Dopo un aumento leggero da febbraio a maggio, entrambi i composti hanno raggiunto le concentrazioni massime a luglio sia attorno alla piattaforma che nei controlli, comunque con un'elevata dispersione di valori, per poi diminuire nuovamente a ottobre e risalire leggermente a dicembre ai controlli. Non è possibile differenziare statisticamente i due set di stazioni. Da notare che a febbraio, quantità rilevabili di etilbenzene e di stirene erano presenti solo su 7 e su 1 campione (su un totale di 32), rispettivamente.

Il **toluene** è stato rilevato solo su un numero limitato di campioni: uno a febbraio, 16 a maggio, tutti e 32 a luglio, nessun campione a ottobre e solo tre a dicembre. Quindi, a parte luglio, la presenza di toluene nel 2019 è risultata piuttosto sporadica. A luglio i livelli a 100 m dalla piattaforma e ai controlli sono stati molto bassi e confrontabili.

Infine, le concentrazioni dello **xilene** non mostrano alcun andamento particolare se non un incremento ai controlli a maggio rispetto a febbraio. Comunque in questi due survey solo un numero molto limitato di campioni è risultato al di sopra del LR, principalmente prelevati nei riferimenti.

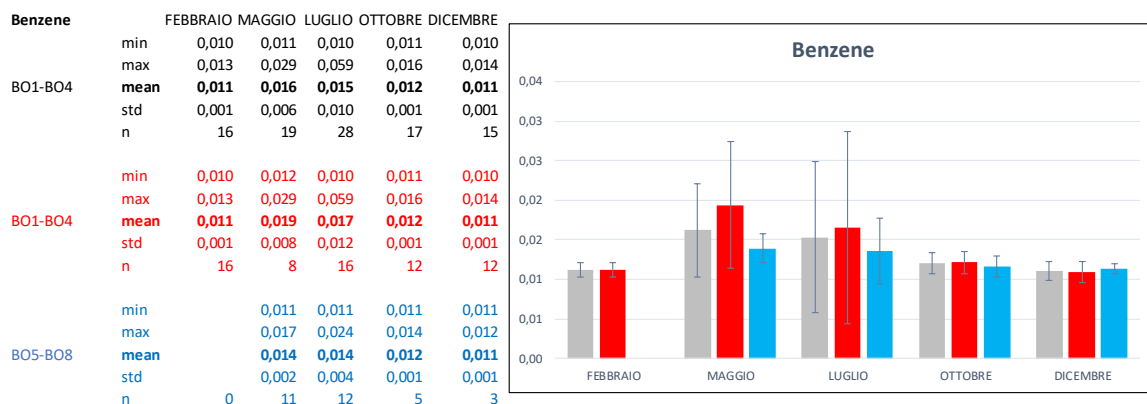


Fig. 3.25 - Andamento annuale dei **BTEX** relativo al 2019. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui i BTEX sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1-BO8, in nero; in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Bonaccia NW (BO1-BO4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (BO5-BO8, in azzurro).

		FEBBRAIO	MAGGIO	LUGLIO	OTTOBRE	DICEMBRE
Etilbenzene						
BO1-BO4	min	0,010	0,011	0,014	0,010	0,012
	max	0,013	0,023	0,240	0,016	0,049
	mean	0,011	0,019	0,084	0,012	0,026
	std	0,001	0,004	0,058	0,002	0,012
	n	7	30	30	11	32
BO1-BO4	min	0,011	0,011	0,021	0,010	0,012
	max	0,012	0,019	0,200	0,016	0,048
	mean	0,011	0,016	0,092	0,013	0,017
	std	0,001	0,003	0,058	0,002	0,008
	n	3	14	16	8	16
BO5-BO8	min	0,010	0,020	0,014	0,011	0,022
	max	0,013	0,023	0,240	0,013	0,049
	mean	0,011	0,021	0,075	0,012	0,034
	std	0,001	0,001	0,060	0,001	0,008
	n	4	16	14	3	16
Stirene						
BO1-BO4	min	0,011	0,018	0,031	0,020	0,034
	max	0,011	0,055	0,780	0,045	0,370
	mean	0,011	0,034	0,288	0,030	0,135
	std	0,007	0,208	0,005	0,105	0,105
	n	1	31	32	32	32
BO1-BO4	min		0,018	0,210	0,020	0,034
	max		0,055	0,740	0,045	0,370
	mean		0,035	0,416	0,032	0,063
	std		0,010	0,137	0,005	0,082
	n	0	15	16	16	16
BO5-BO8	min	0,011	0,029	0,031	0,024	0,074
	max	0,011	0,037	0,780	0,035	0,300
	mean	0,011	0,033	0,160	0,027	0,207
	std	0,003	0,003	0,189	0,003	0,071
	n	1	16	16	16	16
Toluene						
BO1-BO4	min	0,65	0,17	0,05		0,05
	max	0,65	0,23	0,18		0,06
	mean	0,65	0,19	0,12		0,06
	std		0,02	0,03		0,01
	n	1	16	32	0	3
BO1-BO4	min	0,65		0,10		
	max	0,65		0,18		
	mean	0,65		0,14		
	std			0,02		
	n	1	0	16	0	0
BO5-BO8	min		0,17	0,05		0,05
	max		0,23	0,18		0,06
	mean		0,19	0,10		0,06
	std		0,02	0,03		0,01
	n	0	16	16	0	3
Xilene						
BO1-BO4	min	0,022	0,021	0,021	0,042	0,020
	max	0,043	0,070	0,190	0,042	0,065
	mean	0,033	0,063	0,066	0,042	0,035
	std	0,009	0,011	0,036		0,014
	n	5	17	23	1	25
BO1-BO4	min	0,032	0,021	0,039	0,042	0,020
	max	0,032	0,021	0,110	0,042	0,057
	mean	0,032	0,021	0,069	0,042	0,027
	std			0,020		0,012
	n	1	1	11	1	9
BO5-BO8	min	0,022	0,055	0,021		0,022
	max	0,043	0,070	0,190		0,065
	mean	0,033	0,065	0,063		0,039
	std	0,011	0,004	0,046		0,013
	n	4	16	12	0	16

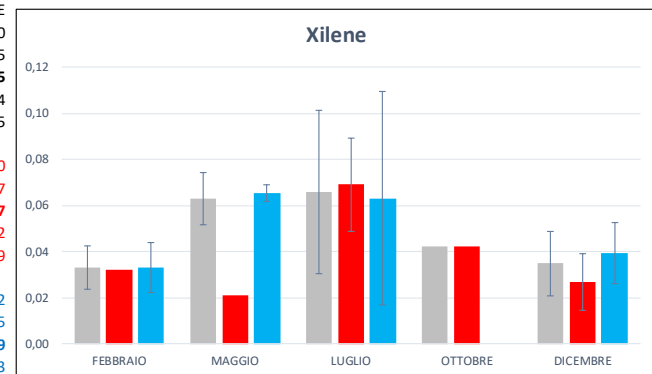
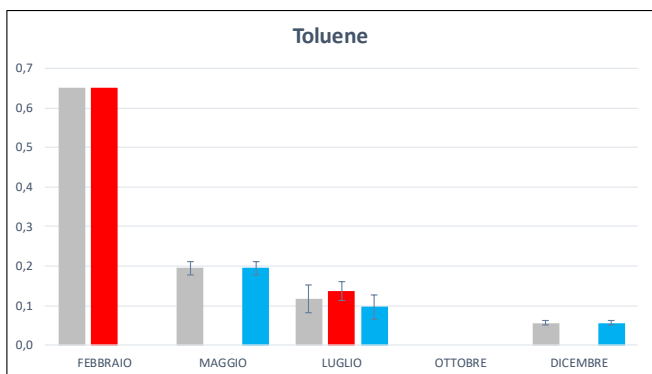
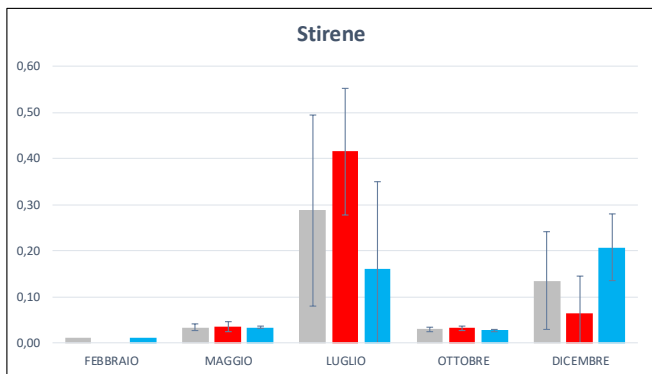
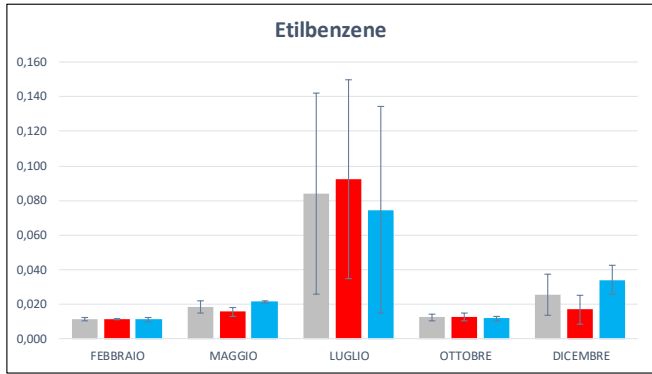


Fig. 3.25 – Continuo.

Glicole Etilenico

Il Glicole Etilenico è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale ovunque in tutti i monitoraggi effettuati nel 2019.

Metalli pesanti

Si premette che nei risultati di ottobre sono stati eliminati i valori del punto di campionamento st. BO6 fondo perché trattasi verosimilmente di outliers (vedi Cap. 3.1.6.). In termini generali, gli andamenti dei metalli pesanti (fig. 3.26) non presentano una differenziazione statisticamente rilevante tra le stazioni di controllo e quelle vicino alla piattaforma.

Alluminio (da ottobre), **arsenico**, **bario**, **cromo**, **ferro** (da ottobre), **mercurio** e **vanadio** hanno presentato una netta diminuzione dei valori nella seconda metà del 2019, rimasti bassi fino alla fine.

Le concentrazioni di **alluminio** sono state piuttosto elevate a febbraio (range 8,50-120,00 µg/L), ben al di fuori del range riscontrato nel resto dell'anno, tutte nelle stazioni di controllo. Dopo una pressoché scomparsa a maggio (solo due campioni al di sopra del LR), a luglio i valori sono risaliti leggermente per poi ridiminuire a ottobre; a dicembre il metallo è stato rilevato solo in 4 campioni in concentrazioni molto basse.

L'**arsenico** è stato rilevato sempre quasi ovunque in concentrazioni sempre comparabili tra i due gruppi di siti, mostrando un netto decremento a luglio.

Il **bario**, anch'esso quasi sempre rilevabile, è aumentato a maggio e diminuito a luglio rimanendo poi costante nel tempo in considerazione della variabilità.

A parte a maggio, sono risultati al di sopra del LR solo pochi valori di **cadmio**. Il massimo annuale è stato registrato a ottobre nel punto BO3 superficie. A dicembre il cadmio non è stato affatto quantificato.

Il **cromo** è stato rilevato in tutti i campioni solo a maggio; in ottobre e dicembre solo un valore è risultato superiore al LR. Quindi si può affermare che anche il cromo è pressoché scomparso nel secondo semestre 2019.

Alla diminuzione delle concentrazioni di **ferro** da febbraio a maggio (nelle stazioni di controllo), da luglio è stato rilevato sia attorno alla piattaforma, sia ai controlli, presentando però una diminuzione in ottobre e una omogeneità di concentrazioni.

L'andamento del **mercurio** ha evidenziato valori omogenei a febbraio, in aumento a maggio nelle stazioni di controllo, e una drastica diminuzione a luglio quando nessun valore è risultato maggiore del LR. Nell'ultima parte dell'anno le concentrazioni si sono stabilizzate su valori minimi annuali.

Il **nicel** ha subito una diminuzione da febbraio a maggio ai controlli, anche se mediamente in questo gruppo di campioni la variabilità è stata molto elevata nel 1° campionamento. Nella seconda metà dell'anno si sono avuti pochi valori utili a luglio e ottobre, rispettivamente provenienti dai riferimenti e dai siti a 100 m da Bonaccia NW, e a dicembre sono state registrate le concentrazioni minime di tutto l'anno.

Per il **piombo** solo una minoranza delle concentrazioni è risultata al di sopra del LR. Scomparso a maggio, è aumentato a luglio, soprattutto nelle stazioni di controllo, per poi diminuire a ottobre e a dicembre. Da notare che il massimo di assoluto di ottobre è stato determinato da un unico valore (0,670 µg/L) nella stazione BO3 in superficie.

Un andamento irregolare ha caratterizzato il **rame**, che comunque è diminuito nel corso dell'anno soprattutto come numero di campioni al di sopra del LR, fino ad arrivare a dicembre con solo due valori utili.

Le concentrazioni di **vanadio** sono diminuite drasticamente a partire da luglio per poi arrivare ai minimi annuali a dicembre, mostrando sempre una notevole omogeneità tra i gruppi di stazioni.

Per lo **zinco**, a parte febbraio e dicembre, solo pochissimi valori sono risultati al di sopra del LR. Quindi si può affermare che la presenza di zinco nelle aree monitorate è risultata minima nella parte centrale dell'anno, da maggio a ottobre.

Le concentrazioni di **indio** sono risultate misurabili solo a dicembre (e a luglio in un unico campione di controllo), con valori comunque bassi.

Infine il **silicio** non ha mostrato un andamento annuale particolare. Vista la dispersione dei dati, si può affermare che le concentrazioni sono rimaste pressoché costanti tutto l'anno (tranne nei siti BO1-BO4 a maggio in cui si è avuto un incremento); a luglio nessun valore è risultato maggiore del LR.



Fig. 3.26 - Andamento annuale dei **metalli pesanti** relativo al 2019. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui i metalli pesanti sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1-BO8, in nero; in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Bonaccia NW (BO1-BO4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (BO5-BO8, in azzurro).

	FEBBRAIO	MAGGIO	LUGLIO	OTTOBRE	DICEMBRE
C+A77:P151romo					
min	0,97	0,15	0,11	0,73	0,13
max	1,90	1,30	1,70	0,73	0,13
BO1-BO8 mean	1,29	0,97	0,35	0,73	0,13
std	0,25	0,27	0,52		
n	18	32	9	1	1
min	0,97	0,15	0,11	0,73	0,13
max	1,70	1,30	0,16	0,73	0,13
BO1-BO4 mean	1,27	0,83	0,135	0,73	0,13
std	0,20	0,29	0,04		
n	16	16	2	1	1
min	1,10	0,77	0,11		
max	1,90	1,30	1,70		
BO5-BO8 mean	1,50	1,12	0,41		
std	0,57	0,16	0,58		
n	2	16	7	0	0
Ferro					
min	7,80		2,50	1,30	0,55
max	24,00		29,00	9,00	11,00
BO1-BO8 mean	11,13		11,05	2,35	2,81
std	3,90		7,44	2,03	2,34
n	14	0	32	31	27
min			2,50	1,30	0,77
max			9,30	9,00	4,70
BO1-BO4 mean			6,50	2,59	2,49
std			2,43	1,22	
n	0	0	16	16	15
min	7,80		4,30	1,30	0,55
max	24,00		29,00	8,80	11,00
BO5-BO8 mean	11,13		15,60	2,10	3,22
std	3,90		8,02	1,87	3,28
n	14	0	16	15	12
Mercurio					
min	0,050	0,052		0,013	0,008
max	0,110	0,240		0,100	0,064
BO1-BO8 mean	0,079	0,158		0,029	0,026
std	0,018	0,070		0,018	0,017
n	30	30	0	32	21
min	0,050	0,052		0,013	0,008
max	0,079	0,110		0,076	0,058
BO1-BO4 mean	0,065	0,088		0,027	0,018
std	0,007	0,023		0,015	0,014
n	16	14	0	16	13
min	0,071	0,160		0,019	0,028
max	0,110	0,240		0,100	0,064
BO5-BO8 mean	0,095	0,219		0,032	0,039
std	0,011	0,022		0,021	0,013
n	14	16	0	16	8
Nichel					
min	0,90	0,63	0,17	0,05	0,05
max	7,10	1,30	3,60	1,00	0,37
BO1-BO8 mean	1,45	0,88	1,01	0,52	0,12
std	1,43	0,14	1,46	0,68	0,07
n	18	32	5	2	22
min	0,90	0,76		0,05	0,06
max	1,50	1,10		1,00	0,37
BO1-BO4 mean	1,07	0,92		0,52	0,13
std	0,15	0,10		0,68	0,08
n	16	16	0	2	15
min	1,90	0,63	0,17	0,05	0,05
max	7,10	1,30	3,60	1,00	0,37
BO5-BO8 mean	4,50	0,83	1,01	0,09	0,09
std	3,68	0,17	1,46	0,03	0,03
n	2	16	5	0	7

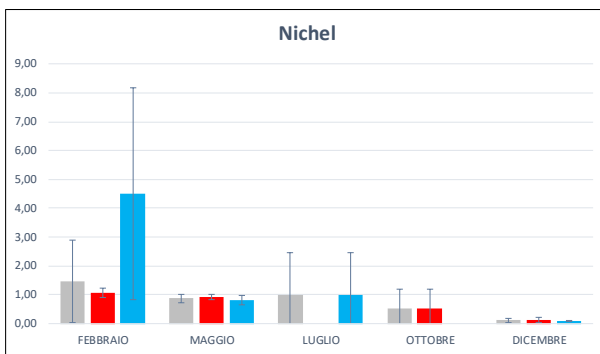
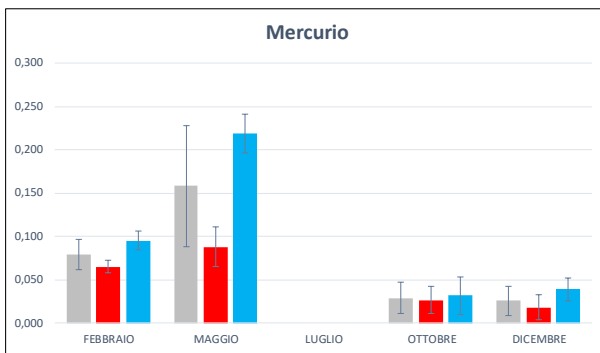
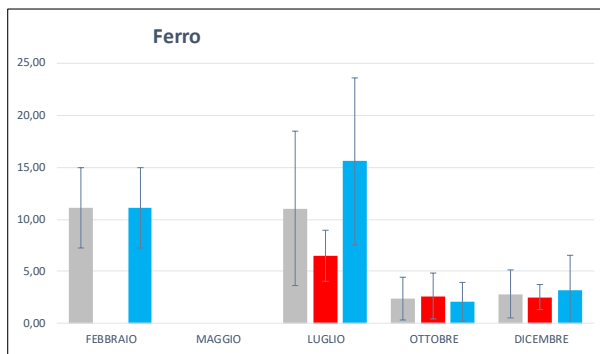
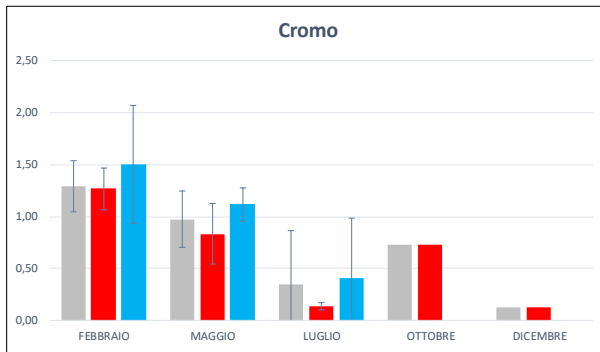


Fig. 3.26 – Continuo.

	FEBBRAIO	MAGGIO	LUGLIO	OTTOBRE	DICEMBRE
Piombo					
min	0,130		0,110	0,026	0,021
max	0,440		0,680	0,670	0,120
mean	0,224		0,267	0,182	0,046
std	0,089		0,154	0,277	0,031
n	15	0	12	5	9
BO1-BO4					
min			0,110	0,670	0,023
max			0,120	0,670	0,120
mean			0,113	0,670	0,046
std			0,006	0,034	0,034
n	0	0	3	1	7
BO5-BO8					
min	0,130		0,190	0,026	0,021
max	0,440		0,680	0,140	0,069
mean	0,224		0,318	0,060	0,045
std	0,089		0,144	0,054	0,034
n	15	0	9	4	2
Rame					
min	0,56	0,19	0,12	0,11	0,16
max	9,60	2,10	4,40	1,30	1,90
mean	1,90	0,56	1,18	0,49	1,03
std	1,69	0,44	1,21	0,55	1,23
n	31	17	16	4	2
BO1-BO4					
min	0,56	0,19	0,17	0,17	0,16
max	2,70	2,10	0,95	1,30	1,90
mean	1,12	1	0,43	0,74	1,03
std	0,64	0,45	0,30	0,80	1,23
n	16	16	7	2	2
BO5-BO8					
min	0,82	0,23	0,12	0,11	
max	9,60	0,23	4,40	0,39	
mean	2,73	0,23	1,76	0	
std	2,05		1,35	0,20	
n	15	1	9	2	0
Vanadio					
min	2,60	2,50	0,34	0,12	0,17
max	4,80	3,60	0,59	0,99	0,31
mean	3,65	3,05	0,45	0,26	0,24
std	0,43	0,25	0,07	0,23	0,04
n	32	32	32	31	32
BO1-BO4					
min	3,10	2,50	0,34	0,12	0,17
max	4,80	3,50	0,54	0,93	0,31
mean	3,83	3,08	0,41	0,25	0,24
std	0,40	0,26	0,05	0,26	0,04
n	16	16	16	16	16
BO5-BO8					
min	2,60	2,60	0,35	0,18	0,18
max	3,90	3,60	0,59	0,99	0,31
mean	3,47	3,01	0,49	0,26	0,25
std	0,38	0,23	0,07	0,20	0,03
n	16	16	16	15	16
Zinco					
min	0,14	2,40	9,00	0,97	0,10
max	13,00	2,40	9,00	0,97	5,00
mean	2,67	2,40	9,00	0,97	1,33
std	3,40				1,17
n	25	1	1	1	22
BO1-BO4					
min	0,14			0,97	0,10
max	2,40			0,97	5,00
mean	1,12			0,97	1,34
std	0,65				1,33
n	16	0	0	1	15
BO5-BO8					
min	0,34	2,40	9,00	0,46	
max	13,00	2,40	9,00	2,70	
mean	5,42	2,40	9,00	1,30	
std	4,55			0,79	
n	9	1	1	0	7

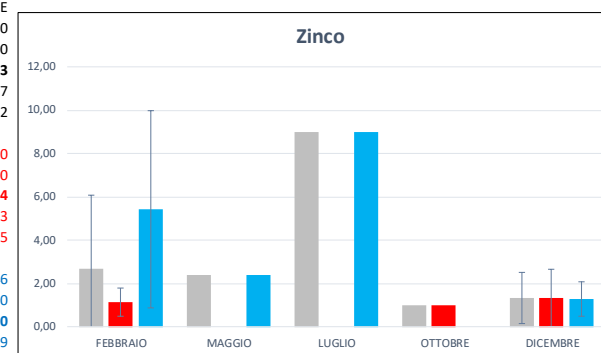
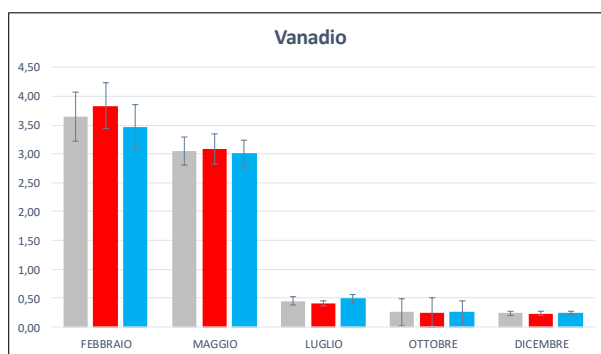
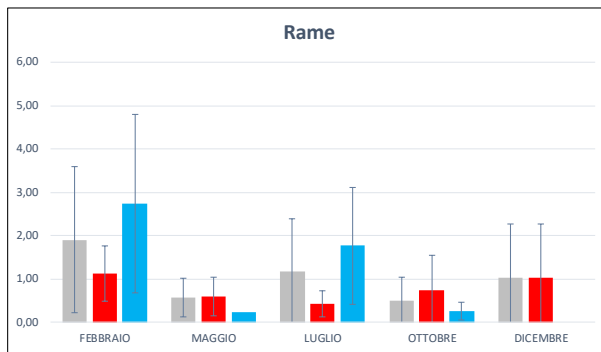
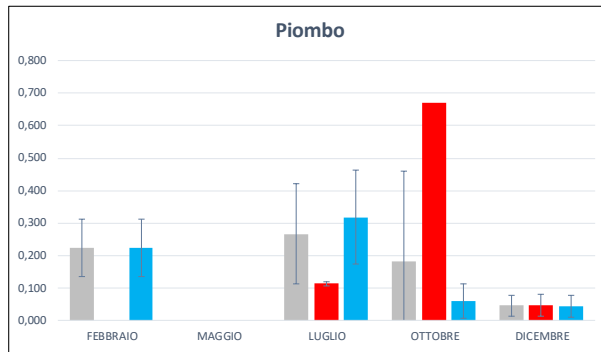


Fig. 3.26 – Continuo.



Fig. 3.26 – Continuo.

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

I grafici della pressione relativi ai due semestri 2019 (fig. 3.27) denotano il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione; infatti, non sono avvenuti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. Le variazioni di pressione a luglio sono dovute a un recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.

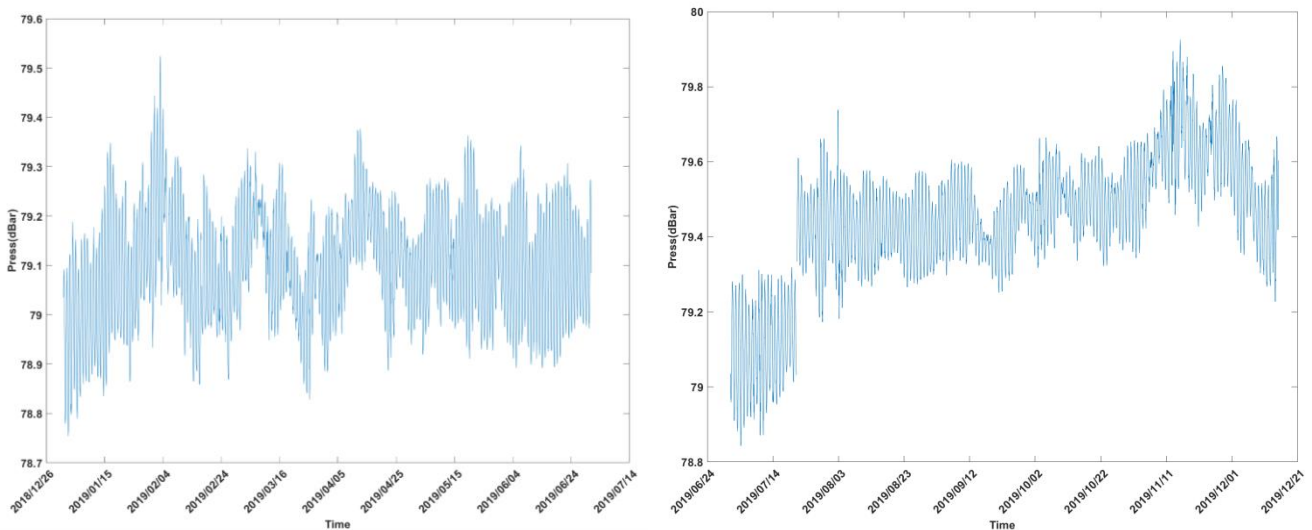


Fig. 3.27 - Pressione misurata nel periodo gennaio - giugno 2019 dal correntometro posizionato presso Bonaccia NW.

Per quanto concerne le misure correntometriche relative al 1° semestre (figg. 3.28 - 3.30), sono state osservate numerose rotazioni con brevi fasi di stasi. Nel mese di gennaio la direzione ha avuto un andamento variabile tra Nord-Est e Nord-Ovest con velocità intorno a 0,1 m/s. A febbraio si sono avute fasi di maggiore stabilità essendo la corrente prevalentemente diretta verso Nord-Ovest, ma sono state registrate rotazioni verso Sud-Ovest e picchi fino a 0,3 m/s nei primi 30 m di profondità. Marzo è stato caratterizzato da una notevole variabilità: la direzione è stata prevalentemente verso Sud-Ovest, ma sono state individuate rapide e frequenti rotazioni verso Nord-Ovest. Il carattere variabile si è conservato anche durante i mesi di aprile e maggio, con alcune fasi di stabilità in cui la corrente ha assunto direzione omogenea, verso Nord-Ovest e Sud-Ovest, lungo tutta la colonna d'acqua. Infine, giugno è stato caratterizzato da una prima parte in cui le correnti hanno avuto direzione essenzialmente Sud-Ovest, e una seconda con direzione prevalente verso Nord-Est e picchi di velocità fino a 0,3 m/s.

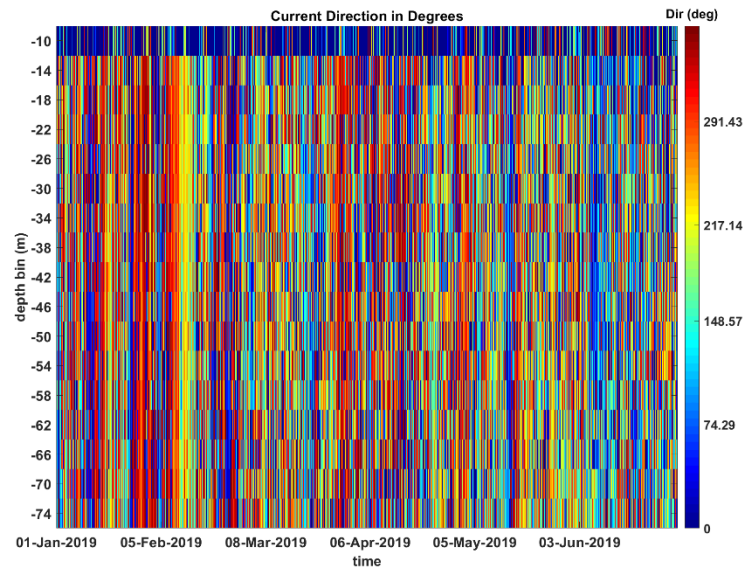


Fig. 3.28 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.

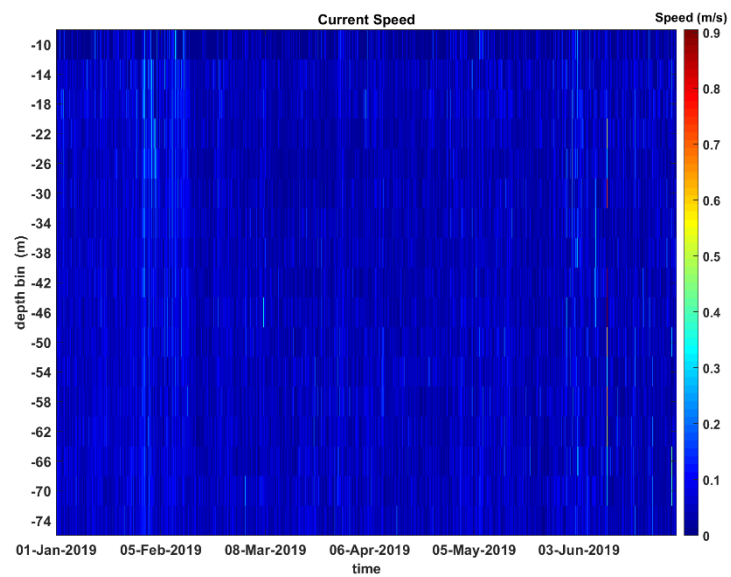
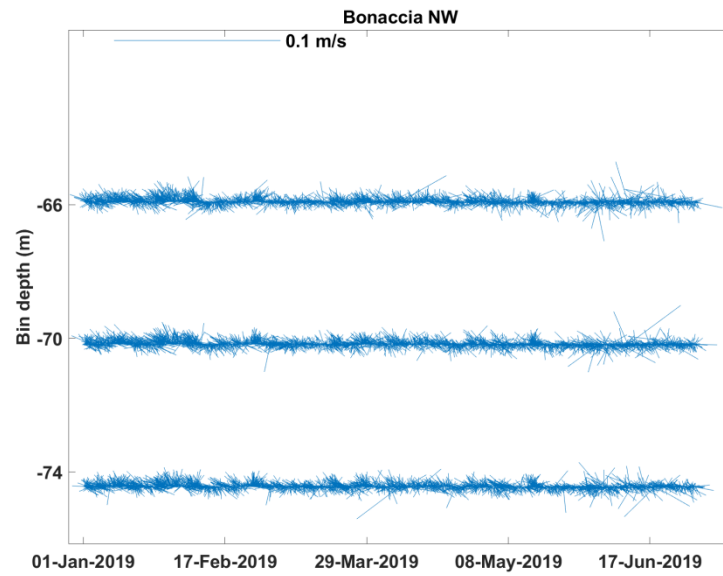
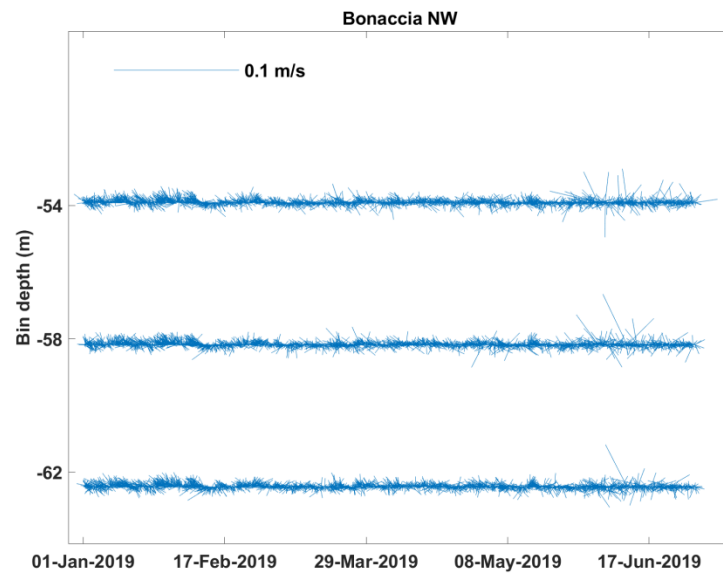


Fig. 3.29 - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.



Bin1(-74m) – Bin2(-70m) – Bin3(-66m)



Bin4(-62m) – Bin5(-58m) – Bin6(-54m)

Fig. 3.30 - 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.

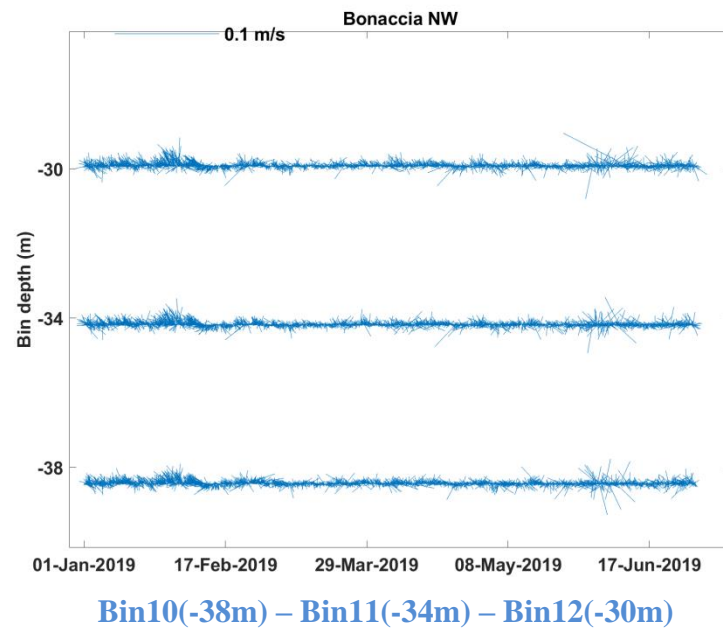
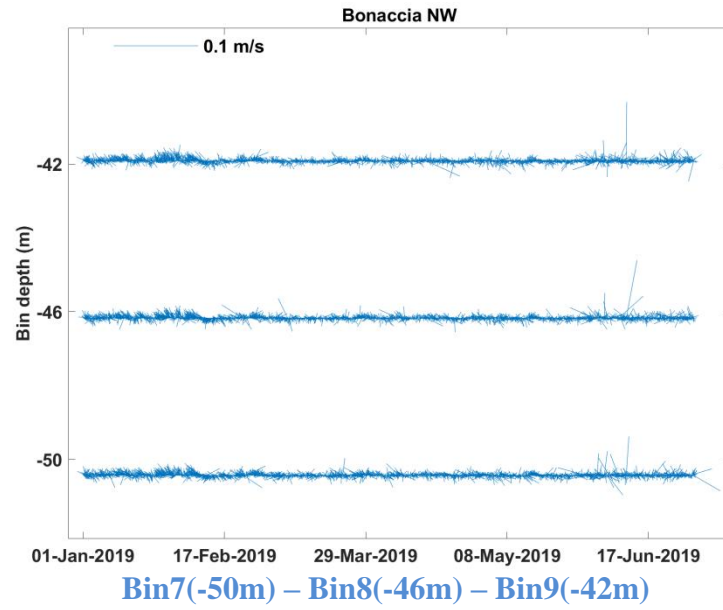


Fig. 3.30 – Continuo.

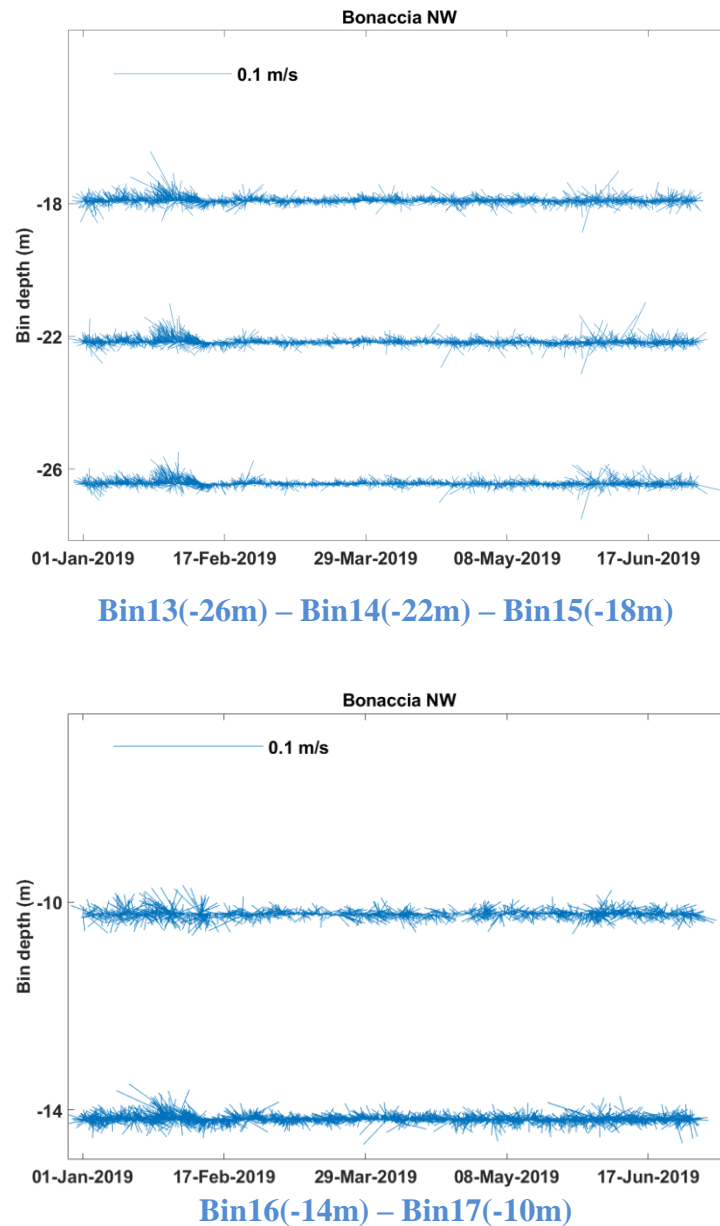


Fig. 3.30 – Continuo.

Nel 2° semestre 2019 la corrente è stata caratterizzata da una direzione prevalentemente settentrionale, ma anche in questo periodo sono state registrate numerose rotazioni verso Sud-Est e Sud-Ovest (figg. 3.31 - 3.33). In particolare, a luglio c'è stata una direzione prevalente verso Nord con rotazione verso Sud-Ovest e velocità di circa 0,1 m/s. Durante il mese di agosto la direzione della corrente è rimasta settentrionale ma con rotazioni verso Sud tra i 50 e 70 m di profondità, rimanendo invariata la velocità media di luglio (0,1 m/s), mentre a settembre le rotazioni verso Sud sono state sporadiche. Durante il mese di ottobre

la direzione della corrente, al di sotto dei 50 m di profondità, è stata essenzialmente verso Sud e Sud Ovest, mentre ha mantenuto una direzione settentrionale tra gli strati superficiali (-10 m) e in quelli relativi all'isobata di -50 m, con picchi di velocità fino a 0,2 m/s. Infine, a novembre e dicembre la corrente ha mantenuto una direzione prevalente verso Sud-Ovest con rotazioni verso Nord e velocità fino a 0,3 m/s.

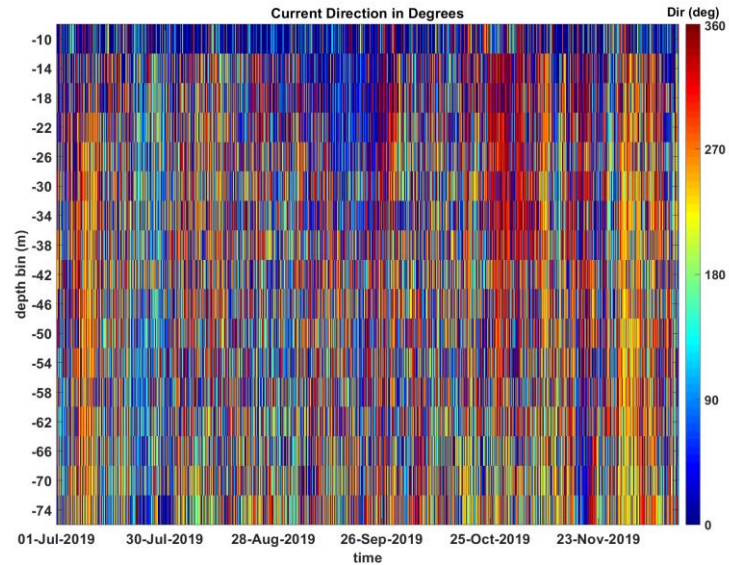


Fig. 3.31 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo luglio - dicembre 2019.

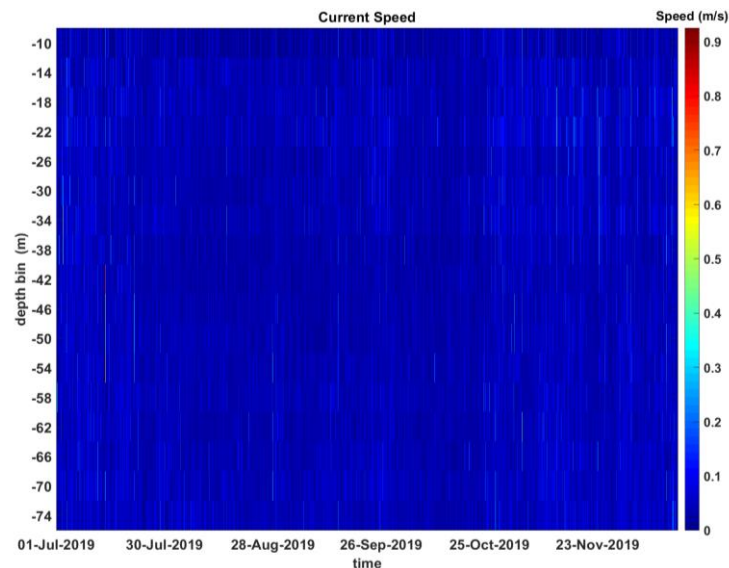
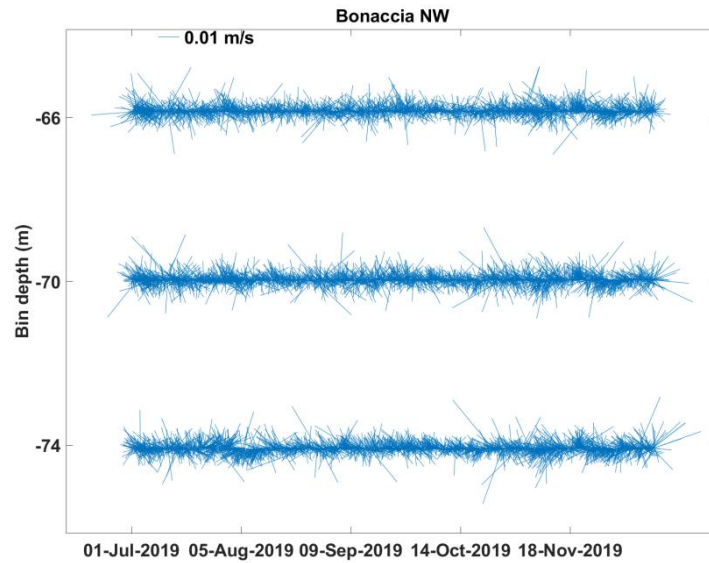
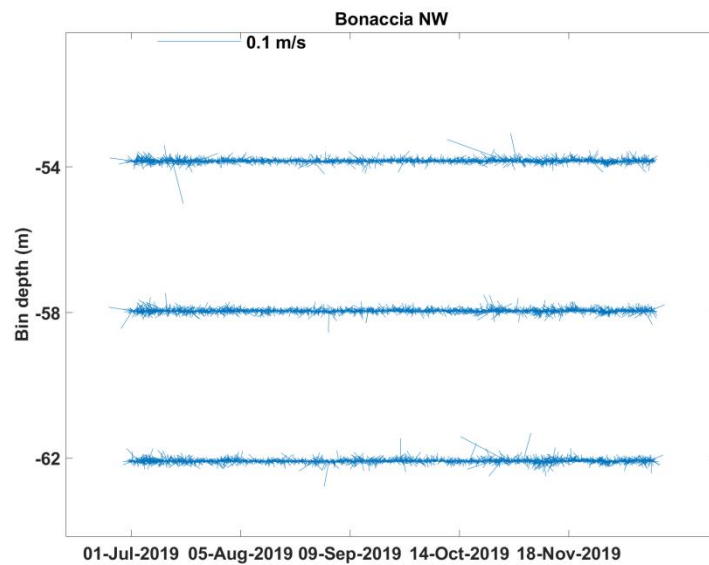


Fig. 3.32 - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo luglio - dicembre 2019.



Bin1(-74m) – Bin2(-70m) – Bin3(-66m)



Bin4(-62m) – Bin5(-58m) – Bin6(-54m)

Fig. 3.33 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo luglio - dicembre 2019.

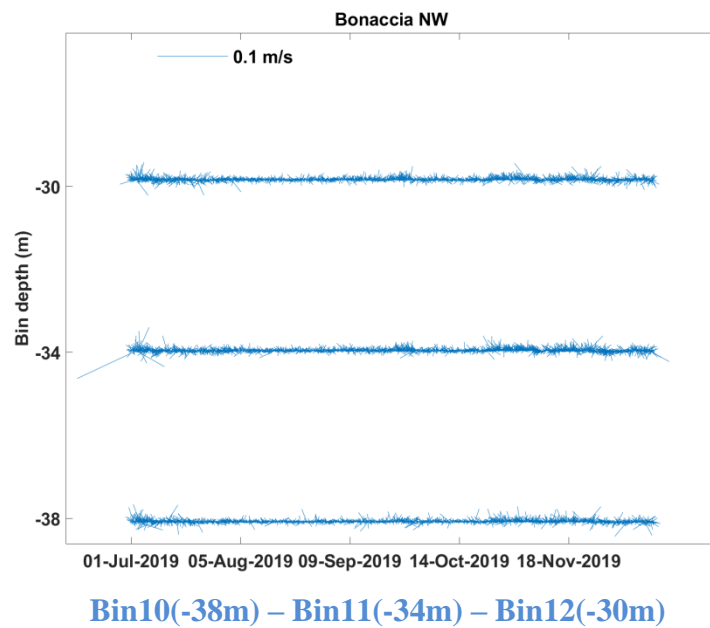
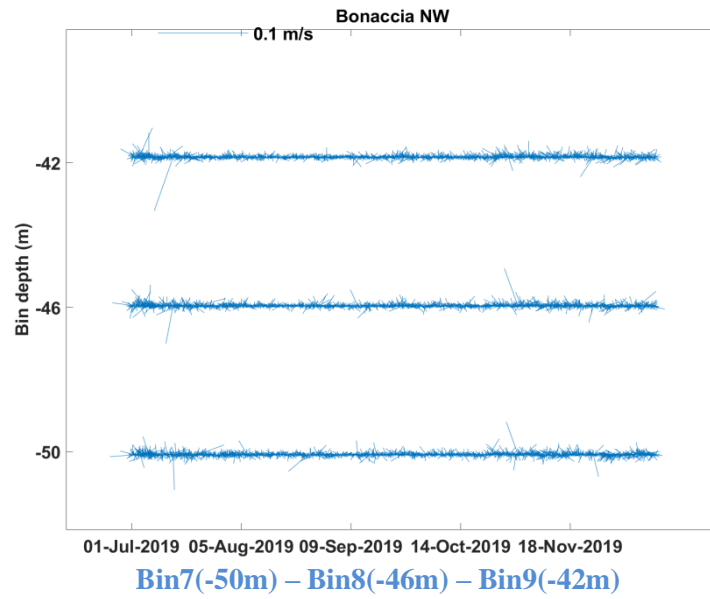


Fig. 3.33 – Continuo.

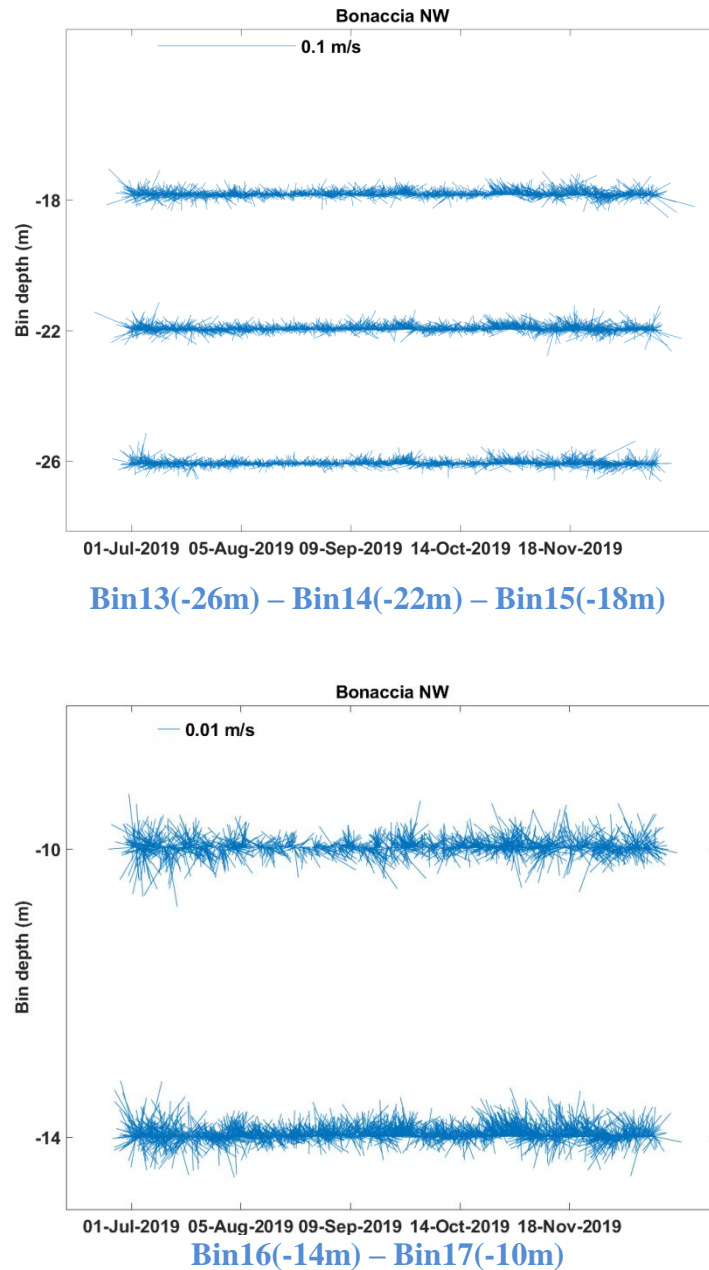


Fig. 3.33 – Continuo.

L'andamento della temperatura rilevata sul fondo ha subito un decremento da circa 16°C misurati a gennaio fino a circa 12°C osservati a fine giugno, con degli abbassamenti durante il mese di febbraio fino a circa 11°C (fig. 3.34). Nella seconda parte dell'anno è avvenuto un progressivo incremento che ha portato a fine dicembre a circa 16°C, con punte sino a 19°C a novembre.

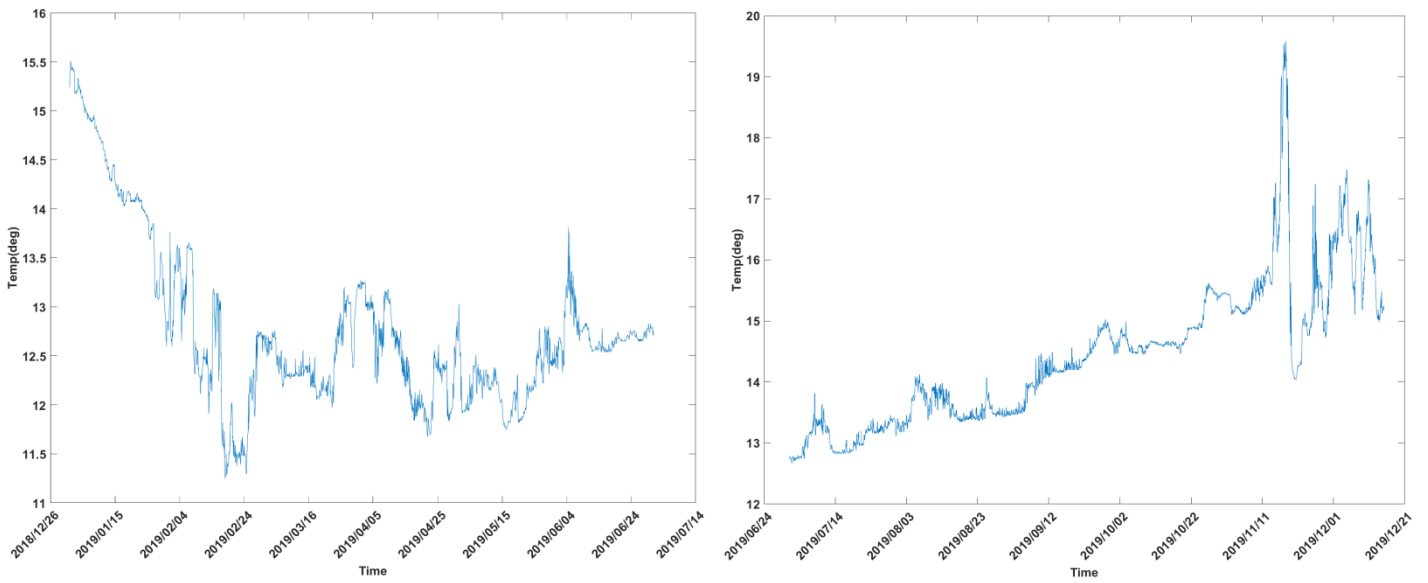


Fig. 3.34 - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2019.

3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.3.1. GRANULOMETRIA

Nell'estate 2019 all'analisi visiva i campioni si presentavano color nocciola con un sottile strato idrato in superficie. L'analisi granulometrica (fig. 3.35, Tab. 3-VII) ha confermato la prevalenza di sabbia rappresentando quasi sempre oltre il 50% del campione, seguita dal silt e poi dall'argilla con le eccezioni di A2 e A8: nel primo caso la sabbia è risultata trascurabile essendo inferiore al 10% con una predominanza del silt (61,8%; sedimento silt-argilloso secondo Shepard), nel secondo questa frazione ha costituito poco più di un terzo del campione analogamente al silt (sedimento classificato come Loam).

Nonostante queste eccezioni, la tessitura media dei siti A, B e BO è apparsa confrontabile con quella dei controlli e in linea con quella del del pre-survey.

La dominanza della sabbia infatti era già stata segnalata prima dell'installazione della piattaforma e in tutto il periodo successivo, seppure con qualche rara eccezione e alcune oscillazioni nelle percentuali.

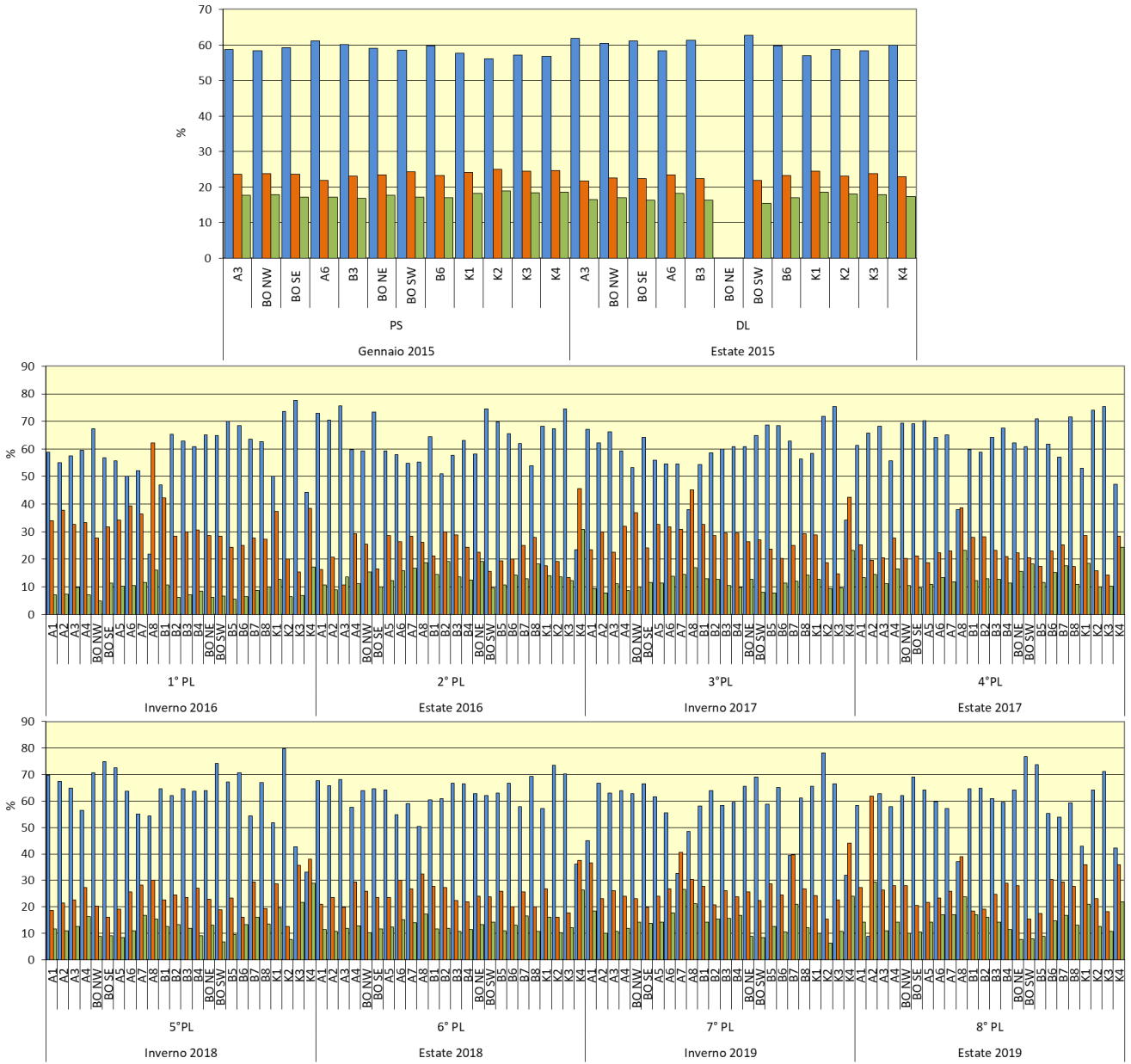


Fig. 3.35 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'intero periodo. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

Tab. 3-VII - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in rosso. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE.

	Pre-survey			Durante Lavori			1° Post Lavori			2° Post Lavori			3° Post Lavori			4° Post Lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia Silt	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla
A1							58,90	33,91	7,18	72,88	16,38	10,73	67,22	23,40	9,38	61,40	25,15	13,45
A2							55,01	37,72	7,27	70,40	20,69	8,92	62,18	29,96	7,86	65,78	19,72	14,50
A3	58,69	23,54	17,77	61,86	21,73	16,41	57,57	32,67	9,76	75,71	10,66	13,64	66,18	22,65	11,18	68,33	20,45	11,22
A4							59,61	33,27	7,12	59,65	29,22	11,13	59,26	31,99	8,74	55,75	27,78	16,47
BO NW	58,31	23,76	17,93	60,38	22,58	17,04	67,35	27,69	4,96	59,24	25,42	15,35	53,19	36,80	10,01	69,39	20,23	10,38
BO SE	59,30	23,53	17,17	61,17	22,45	16,38	56,91	31,82	11,27	73,39	16,58	10,03	64,30	24,15	11,55	69,22	21,26	9,52
A5							55,70	34,12	10,19	59,26	28,51	12,22	55,99	32,60	11,40	70,21	18,81	10,98
A6	61,05	21,86	17,09	58,29	23,41	18,30	50,16	39,47	10,38	57,98	26,29	15,73	54,53	31,70	13,77	64,30	22,32	13,38
A7							52,06	36,38	11,56	54,86	28,35	16,79	54,67	30,78	14,55	65,18	23,08	11,74
A8							21,80	62,21	15,99	55,24	26,06	18,70	37,97	45,09	16,94	38,07	38,67	23,27
B1							47,07	42,32	10,60	64,49	21,12	14,39	54,26	32,74	12,99	59,65	28,00	12,35
B2							65,41	28,40	6,19	50,98	29,90	19,12	58,66	28,63	12,71	58,86	28,19	12,95
B3	60,11	23,06	16,83	61,26	22,40	16,34	62,89	29,96	7,15	57,62	28,80	13,58	59,87	29,59	10,55	64,20	23,15	12,65
B4							60,96	30,61	8,43	63,11	24,42	12,47	60,82	29,43	9,75	67,50	21,11	11,39
BO NE	59,00	23,36	17,64				65,14	28,56	6,30	58,26	22,64	19,09	60,79	26,41	12,81	62,10	22,37	15,53
BO SW	58,56	24,29	17,15	62,77	21,82	15,41	64,89	28,36	6,75	74,60	15,72	9,68	64,91	27,03	8,06	60,95	20,66	18,40
B5							70,04	24,38	5,59	69,87	19,53	10,60	68,62	23,59	7,79	70,99	17,49	11,52
B6	59,80	23,24	16,96	59,78	23,25	16,97	68,52	25,04	6,44	65,55	20,10	14,34	68,43	20,25	11,33	61,82	22,97	15,20
B7							63,58	27,64	8,78	61,98	25,04	12,98	62,94	25,11	11,95	57,08	25,29	17,63
B8							62,68	27,30	10,02	53,91	27,83	18,26	56,44	29,22	14,33	71,61	17,36	11,03
K1	57,62	24,15	18,23	57,03	24,49	18,48	50,01	37,27	12,72	68,17	17,67	14,16	58,35	28,94	12,71	53,00	28,51	18,48
K2	56,15	24,99	18,86	58,72	23,17	18,11	73,57	20,06	6,37	67,24	19,14	13,61	71,75	18,86	9,38	73,98	15,93	10,09
K3	57,14	24,42	18,44	58,39	23,71	17,90	77,60	15,44	6,96	74,48	13,34	12,19	75,50	14,83	9,67	75,49	14,19	10,32
K4	56,80	24,62	18,58	59,85	22,88	17,27	44,31	38,51	17,18	23,46	45,73	30,82	34,21	42,53	23,26	47,23	28,42	24,35

Tab. 3-VII - Continuo.

	5° Post Lavori			6° Post Lavori			7° Post Lavori			8° Post Lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia Silt	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla
A1	69,74	18,64	11,62	67,66	20,93	11,41	45,04	36,61	18,35	58,4	27,3	14,3
A2	67,50	21,45	11,05	65,84	23,48	10,68	66,82	23,17	10,01	8,8	61,8	29,4
A3	64,81	22,70	12,49	68,15	19,88	11,96	63,02	26,16	10,82	62,9	26,3	10,9
A4	56,40	27,18	16,43	57,71	29,45	12,84	63,93	24,09	11,98	57,8	27,9	14,3
BO NW	70,77	20,33	8,90	63,93	25,78	10,29	62,77	23,01	14,23	62,2	27,9	9,9
BO SE	75,00	15,97	9,03	64,62	23,64	11,73	66,49	19,73	13,78	69,0	20,6	10,4
A5	72,65	19,01	8,34	64,15	23,46	12,38	61,71	24,08	14,20	64,2	21,7	14,1
A6	63,62	25,56	10,82	54,85	30,10	15,05	55,46	26,72	17,82	59,7	23,4	16,9
A7	55,15	28,13	16,72	59,13	26,79	14,08	32,68	40,63	26,69	57,3	25,8	16,9
A8	54,46	30,05	15,49	50,42	32,38	17,19	48,54	30,35	21,11	37,2	38,9	23,9
B1	64,61	22,73	12,66	60,44	27,83	11,73	58,10	27,67	14,23	64,6	18,3	17,0
B2	62,03	24,59	13,38	60,96	27,26	11,78	63,95	20,68	15,38	65,0	19,0	16,0
B3	64,57	23,45	11,97	66,79	22,43	10,77	58,42	26,02	15,56	60,9	24,7	14,3
B4	63,83	27,14	9,03	66,56	22,02	11,42	59,44	23,73	16,84	59,6	28,9	11,5
BO NE	64,07	22,88	13,05	62,78	24,06	13,16	65,55	25,65	8,80	64,2	28,1	7,6
BO SW	74,25	18,94	6,81	62,08	23,67	14,25	69,07	22,47	8,46	76,8	15,4	7,8
B5	67,21	23,34	9,45	63,06	25,91	11,03	58,78	28,72	12,49	73,7	17,4	8,8
B6	70,64	16,02	13,33	66,82	20,10	13,07	65,08	24,52	10,39	55,2	30,3	14,6
B7	54,49	29,37	16,14	57,90	25,65	16,45	39,42	39,67	20,91	53,9	29,4	16,7
B8	67,10	19,37	13,53	69,23	20,14	10,63	61,14	26,76	12,10	59,2	27,7	13,1
K1	51,73	28,69	19,59	57,11	26,93	15,96	65,67	24,24	10,09	43,0	35,9	21,0
K2	79,78	12,48	7,73	73,59	16,19	10,22	78,17	15,47	6,36	64,3	23,1	12,6
K3	42,71	35,70	21,59	70,23	17,64	12,13	66,59	22,62	10,80	71,2	18,2	10,6
K4	33,24	37,95	28,81	36,17	37,58	26,25	32,02	44,06	23,91	42,2	35,9	21,9

3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Nell'estate 2019 alcuni composti sono stati rilevati in tutte (Benzo(b)fluorantene, Benzo(g, h,i)perilene, Benzo(k)fluorantene, Fenantrene, Fluorene) o quasi tutte (Naftalene, Pirene) le stazioni, altri sono apparsi diffusamente presenti (Benzo(a)pirene, Crisene), uno è stato sporadico (Benzo(a)antracene), gli altri assenti, tranne l'Indeno(1,2,3- c,d)pirene rilevato unicamente in A3 e il Dibenzo(a,h)antracene presente solo in A8 e K1 (Tab. 3-VIII e fig. 3.36). Nessun composto ha superato il livello chimico di base (LCB) riportato in ICRAM-APAT (2007). Anche gli IPA totali pertanto sono risultati estremamente modesti.

Per tutta la durata dello studio gli IPA sono stati rilevati in concentrazioni molto basse, sempre molto al di sotto dell'LCB.

La prima e unica variazione degna di nota è stata registrata nel 3° survey post lavori di installazione (inverno 2017), caratterizzato da un incremento di questi composti dovuto essenzialmente al Naftalene che aveva raggiunto valori maggiori dell'LCB. L'evento era

stato rilevato sia lungo i transetti, sia nei controlli, e pertanto non era apparso riconducibile unicamente alla presenza della piattaforma. Inoltre, in nessun sito era stato superato l'LCB per gli IPA totali, a testimonianza di un evento limitato al naftalene.

Nel survey successivo si era verificato un diffuso decremento e i tenori raggiunti erano risultati inferiori o comparabili (in A1) alla concentrazione rilevata durante il pre-survey nel controllo K2. Nel 5° post lavori erano stati registrati alcuni picchi, anche in K2, comunque inferiori a quelli dell'inverno 2017. Nel monitoraggio successivo (6° post lavori; estate 2018) i siti avevano mostrato comportamenti diversi tra loro, ma tutti avevano concentrazioni inferiori al controllo K3. Anche nei due campionamenti condotti nel 2019 le concentrazioni lungo i transetti e nei siti BO sono risultate inferiori a quelle di un controllo.

Nel complesso non ci sono evidenze di un effetto di Bonaccia NW su questi contaminanti.

Tab. 3-VIII - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati dal pre-survey all'8 survey post lavori. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB e i valori chimici cautelativi per le sostanze Pericolose Prioritarie (PP)* indicati da ICRAM-APAT (2007) e le concentrazioni riportate nella tabella 2.5 del DM 173/2016. LQ = limite di rilevabilità strumentale. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. In neretto le concentrazioni superiori ai limiti di riferimento.

	DM 173/2016	LCB/PP	Pre-survey (inverno 2015)												Durante lavori (estate 2015)											
			A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	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	24	47 (24)*	2,2	2,3	1,6	1,7	1,9	1,7	1,5	2,1	2,1	3,2	2,3	2,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	<LQ	<LQ	1,4	0,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	0,8
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,7	0,5	1,0	1,0	0,4	<LQ	1,3	1,0	1,0	0,6	<LQ	1,0
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	3,1	4,1	2,2	3,4	2,8	4,7	4,5	2,8	4,8	1,4	<LQ	9,1	1,9	1,9	3,1	3,6	2,2	<LQ	3,6	3,6	3,7	2,2	1,0	4,3
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	2,6	3,3	2,5	2,9	2,9	3,0	2,7	2,8	4,5	1,8	1,5	5,4	2,0	1,3	2,3	2,2	1,7	<LQ	2,4	2,4	2,8	1,7	1,3	2,8
Benzo (k) fluorantene	20		1,6	2,1	1,5	1,8	1,7	2,0	2,6	1,7	2,3	1,5	1,1	3,4	1,8	1,0	2,1	1,5	2,0	<LQ	2,0	2,1	3,4	2,3	0,6	3,0
Crisene	108	108	1,1	1,2		1,3	1,0	1,3	1,3		2,4	<LQ	<LQ	3,0	0,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	0,8	<LQ	<LQ	<LQ	0,9
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	1,0	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,8	1,0	<LQ	2,2	1,1	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5	1,3	1,6	<LQ	<LQ	1,7
Fluorantene	110	113	1,3	1,5	1,1	1,4	1,3	1,8	1,6	1,2	3,0	<LQ	<LQ	3,2	0,9	0,8	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	3,4	1,3	1,5	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorene	21	21	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	(70)*	3,4	3,4	2,7	3,7	3,3	3,3	3,2	2,8	4,6	1,9	1,0	6,8	2,9	2,0	3,6	3,3	2,6	<LQ	3,2	3,6	4,5	2,8	1,4	4,5
Naftalene	35	35	<LQ	1,9	1,4			1,5	1,7	1,7	1,5	1,3		1,9	<LQ	1,3	1,4	<LQ	<LQ	<LQ	1,6	1,3	1,2	1,5	<LQ	1,6
Pirene	153	153	1,4	1,7	1,3	1,5	1,3	1,8	1,7	1,3	3,1	<LQ	<LQ	3,0	0,7	0,8	<LQ	0,8	<LQ	<LQ	2,4	1,0	1,2	<LQ	<LQ	1,2
Totale	900	900	17,7	21,5	14,3	18,7	16,3	21,1	20,8	16,4	31,5	12,1	5,9	42,0	12,9	10,9	13,4	13,3	8,9	<LQ	23,9	19,0	20,8	11,2	4,3	21,9

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	1° survey post lavori (inverno 2016)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	2,0	1,9	1,9	2,4	1,7	1,8	2,0	1,5	2,8	2,7	2,6	2,3	2,5	2,2	<LQ	<LQ	1,8	1,3	1,9	1,7	<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	24	47 (24)*	3,8	3,3	3,9	5,1	3,7	5,0	5,0	5,2	5,4	7,3	4,1	3,3	4,4	4,0	<LQ	<LQ	10,0	3,5	4,6	5,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	10,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	12,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (k) fluorantene	20		<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	11,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Crisene	108	108	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	1,2	1,0	1,2	1,6	<LQ	1,6	2	1,6	1,9	2,2	1,2	1,0	1,2	1,1	<LQ	<LQ	2,1	1,3	1,3	1,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorantene	110	113	2,0	1,9	2,1	2,6	2,0	3,0	2,6	2,6	3,2	3,7	2,3	1,6	2,0	2,1	<LQ	<LQ	6,2	1,8	1,9	5,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorene	21	21	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	3,0	3,9	3,7	3,1	3,9	5,1	4,4	4,7	6,0	12,0	5,4	2,6	3,8	3,5	8,6	<LQ	9,6	3,3	3,8	6,4	7,8	5,1	<LQ	7,0
Naftalene	35	35	12,0	6,1	14,0	14,0	16,0	16,0	17,0	14,0	19,0	20,0	18,0	16,0	17,0	15,0	<LQ	<LQ	18,0	14,0	15,0	19,0	<LQ	<LQ	<LQ	24,0
Pirene	153	153	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Totale	900	900	24,0	18,1	26,8	28,8	27,3	32,5	33,0	29,6	38,3	70,9	33,6	26,8	30,9	27,9	19,6		49,2	25,2	28,5	39,3	7,8	5,1		31,0

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	2° survey post lavori (estate 2016)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	<LQ	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Acenaftilene			0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5
Antracene	24	47 (24)*	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	0,8	
Benzo (a) antracene	75	75	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	0,9	1,0	1,5	1,1	1,0	1,0	1,1	1,5	1,4	1,4	1,0	1,6	1,1	1,3
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	1,7	1,1	0,7	0,6	0,7	0,8	1,0	0,9	0,6	0,6	0,5	0,8	3,3	2,4	0,9	0,8	1,1	3,4	1,8	2,5	0,6	3,3	1,5	1,6
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	1,0	0,6	0,2	0,4	0,2	<LQ	0,5	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	0,4	1,4	1,0	0,3	0,4	0,4	1,7	1,5	1,4	<LQ	2,4	0,6	0,6
Benzo (k) fluorantene	20		1,9	1,3	0,9	0,7	0,8	1,0	1,2	0,9	0,6	0,7	0,7	1,0	3,5	2,5	1,1	0,8	1,2	3,6	1,4	2,7	0,6	3,5	1,7	1,8
Crisene	108	108	0,6	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,3	1,4	1,0	0,4	0,4	0,4	1,5	1,2	0,9	0,3	1,8	0,7	0,7
Dibenzo (a, h) antracene		6	0,4	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	<LQ	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,6	0,5	0,6	<LQ	0,8	0,3	0,3
Fenantrene	87	87	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,8	1,0	0,5	0,5	0,4	1,5	1,3	0,7	0,4	1,0	0,7	0,7
Fluorantene	110	113	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	0,9	1,0	1,7	1,4	1,1	1,1	1,1	1,9	1,7	1,4	1,0	1,8	1,3	1,3
Fluorene	21	21	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	1,6	1,0	0,5	0,7	0,4	0,4	0,8	1,1	0,4	0,2	0,3	0,7	2,1	1,6	0,5	0,7	0,8	2,8	2,2	2,3	0,4	3,6	1,0	0,9
Naftalene	35	35	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,5	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Pirene	153	153	0,2	<LQ	<LQ	0,2	<LQ	0,2	0,2	0,3	0,2	<LQ	<LQ	0,2	0,9	0,7	<LQ	<LQ	0,2	0,9	0,8	0,5	<LQ	0,7	0,4	0,4
Totale	900	900	13,1	10,0	7,6	7,8	7,4	8,0	9,3	10,2	7,4	7,0	6,1	8,5	19,6	15,0	8,1	8,2	9,4	23,0	17,4	17,3	6,5	23,3	11,8	12,2

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	3° survey post lavori (inverno 2017)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	3,0	3,8	4,4	5,1	5,0	1,4	2,7	5,5	2,7	1,9	1,6	2,2	2,8	3,3	2,9	5,0	4,0	3,5	2,4	3,2	4,9	5,1	2,8	6,2
Acenaftilene			1,2	1,3	1,6	1,9	1,7	0,9	1,1	2,0	1,1	1,2	0,9	1,1	1,2	1,5	1,2	1,9	1,5	1,3	0,9	1,2	2,0	2,0	1,1	2,3
Antracene	24	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	
Benzo (a) antracene	75	75	1,2	1,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,2	1,7	1,5	2,0	1,4	1,6	1,5	1,2	1,1	1,7	1,5	1,7	1,5	1,5	1,7	2,6	1,0	2,0
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	1,3	1,2	1,4	1,6	1,5	1,5	1,2	1,7	1,5	2,0	1,5	1,7	1,6	1,3	1,1	1,8	1,5	1,7	1,4	1,5	1,7	1,7	1,0	2,0
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	5,3	4,7	5,2	5,4	5,9	7,6	3,8	7,8	7,9	8,4	6,3	5,7	6,2	2,4	6,1	6,4	4,8	6,1	7,0	7,5	4,9	4,7	3,4	11,4
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo (k) fluorantene	20		5,8	5,1	5,7	6,0	6,5	8,1	2,6	8,4	8,4	9,2	6,8	6,4	6,8	3,1	6,4	7,1	5,3	3,7	7,5	7,9	3,6	5,4	3,8	11,9
Crisene	108	108	1,4	1,2	1,3	1,3	1,4	1,9	1,5	1,9	1,9	2,0	1,6	1,4	1,5	0,6	1,5	1,5	1,4	2,2	1,7	1,8	2,0	1,1	0,8	2,7
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fenantrene	87	87	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fluorantene	110	113	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fluorene	21	21	5,0	5,3	5,7	7,2	6,3	1,8	4,3	7,5	4,6	3,8	2,7	3,7	4,7	3,8	3,9	6,5	5,8	4,9	4,2	5,2	6,5	7,8	4,4	8,1
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	1,4	1,3	1,3	1,5	1,7	2,4	1,9	2,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,8	<LQ	1,8	2,0	1,3	3,1	2,2	2,6	2,1	1,1	1,0	3,2
Naftalene	35	35	59,6	52,7	82,6	88,7	6,0	<LQ		85,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	47,5	59,2	112,7	76,3	17,7	<LQ	9,7	11,5	85,2	40,6	113,7
Pirene	153	153	1,3	1,1	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,7	1,7	1,6	1,3	1,4	1,5	0,9	1,2	1,6	1,4	1,8	1,3	1,4	1,6	1,2	0,8	2,1
Totale	900	900	86,4	78,8	112,0	121,6	38,7	28,6	22,0	125,7	34,8	34,5	26,2	27,0	29,6	65,7	86,3	148,2	104,8	48,4	30,2	43,5	42,5	117,8	60,7	165,7

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	4° survey post lavori (estate 2017)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	3,5	2,8	1,6	0,5	1,5	2,0	2,4	0,6	0,9	1,0	1,1	0,4	0,6	0,5	0,7	0,4	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Acenaftilene			3,6	3,2	2,6	2,2	2,4	2,7	2,6	2,9	4,1	2,5	2,4	2,0	3,1	2,7	3,8	2,0	2,5	2,0	2,3	2,4	2,6	2,7	2,2	2,2
Antracene	24	47 (24)*	2,8	2,7	2,7	2,3	2,6	2,8	2,2	2,9	4,1	2,6	2,4	2,0	3,0	2,6	<LQ	<LQ	2,5	2,0	<LQ	2,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	<LQ	<LQ	<LQ	0,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	3,9	3,3	3,7	1,4	3,0	5,1	3,0	<LQ	5,0	8,5	6,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	3,5	2,9	2,9	2,1	2,6	3,4	2,4	1,7	4,3	3,7	3,3	<LQ	<LQ	<LQ	2,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,6	<LQ	<LQ	
Benzo (k) fluorantene	20		0,2	<LQ	0,2	<LQ	<LQ	0,5	0,3	<LQ	<LQ	2,0	1,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Crisene	108	108	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,3	<LQ	<LQ	<LQ	0,7	0,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fenantrene	87	87	3,6	3,3	2,6	2,1	3,0	3,2	2,1	1,9	2,9	2,4	2,1	1,3	2,0	1,7	2,4	1,3	1,6	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,4	1,4
Fluorantene	110	113	3,6	3,3	3,4	2,6	3,9	3,7	2,7	2,8	4,9	3,8	3,6	2,0	3,0	2,6	3,7	2,0	2,4	1,9	2,3	2,4	2,6	2,7	2,2	2,1
Fluorene	21	21	3,6	3,0	0,5	0,3	0,6	1,0	2,2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,6	0,5	0,5	0,2
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	2,4	1,4	1,4	0,3	1,0	2,5	1,5	<LQ	1,7	3,5	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Naftalene	35	35	23,6	1,9	1,0	0,8	0,9	1,0	2,2	0,9	1,5	0,9	0,9	0,6	0,9	0,8	1,1	0,6	0,8	0,6	0,7	0,7	0,9	0,8	0,7	0,7
Pirene	153	153	2,1	1,9	2,1	1,4	2,4	2,2	1,7	1,4	2,8	2,5	2,3	1,0	1,5	1,3	1,8	1,0	1,2	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	1,0	1,0
Totale	900	900	56,4	29,8	24,9	16,0	24,2	30,1	25,5	15,6	32,5	34,2	29,6	9,7	14,2	12,4	16,4	7,6	11,9	9,3	8,9	11,4	10,1	11,9	8,4	7,9

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	5° survey post lavori (inverno 2018)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	<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	24	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	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7	<LQ	<LQ	4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	10	4	4	<LQ	4	4	4	4	5	10	5	4	4	4	5	4	4	19	6	4	13	3	2	9
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	6	3	2	<LQ	3	2	2	3	4	6	3	3	3	3	3	2	12	4	2	8	<LQ	<LQ	5	
Benzo (k) fluorantene	20		4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	4	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	9	2	<LQ	3	<LQ	<LQ	3	
Crisene	108	108	5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	2	
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	2	2	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	<LQ	3	<LQ	<LQ	3
Fluorantene	110	113	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	<LQ	<LQ	4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2	2	<LQ	3	<LQ	<LQ	3	
Fluorene	21	21	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	9	5	4	2	5	4	4	5	7	9	6	4	5	5	4	3	3	15	7	3	14	3	2	9
Naftalene	35	35	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pirene	153	153	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	3	<LQ	<LQ	2	
Totale	900	900	43	12	10	2	12	10	14	14	20	47	16	11	12	14	12	9	9	81	23	9	57	6	4	36

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	6° survey post lavori (estate 2018)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	<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	24	47 (24)*	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	2,0	2,0	2,0	<LQ	<LQ	4,0	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	2,0	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	<1	4,0	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,0	<LQ	3,0	<LQ	4,0	5,0	
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<1	<LQ	<LQ	4,0	
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	<1	<LQ	<LQ	5	5,0	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,0	6,0	<LQ	<LQ	<LQ	8,0	<LQ	<LQ	15,0	
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	3,0	<LQ	<LQ	3	3,0	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	5,0	<LQ	8,0	
Benzo (k) fluorantene	20		<1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,0	
Crisene	108	108	4,0	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	2,0	3,0	
Dibenzo (a, h) antracene		6	5,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fenantrene	87	87	<1	32,0	<LQ	2,0	3,0	4,0	3,0	<LQ	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	<LQ	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	2,0	<1	2,0	2,0	6,0
Fluorantene	110	113	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	2,0	<1	<1	2,0	<1	2,0	<1	2,0	<1	2,0	9,0
Fluorene	21	21	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	4,0	<LQ	<LQ	4,0	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,0	4,0	<LQ	<LQ	<LQ	4,0	<LQ	<LQ	8,0	
Naftalene	35	35	2,0	2,0	<LQ	2,0	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	<LQ	
Pirene	153	153	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,0	3,0	<LQ	<LQ	3,0	<LQ	<LQ	2,0	<LQ	2,0	<LQ	1,0	<LQ	2,0	<LQ	2,0	2,0	<LQ	3	
Totale	900	900	24,0	36,0	5,0	10,0	22,0	18,0	7,0	4,0	12,0	23,0	6,0	5,0	11,0	4,0	7,0	15,0	22,0	4,0	14,0	7,0	26,0	8,0	8,0	64,0

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	7° survey post lavori (inverno 2019)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	<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	24	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	1,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	2,3	1,5	1,2	1,1	1,0	1,5	1,2	1,4	<LQ	<LQ	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,4	1,7	<LQ	1,8	2,4	<LQ	<LQ	<LQ	2,5
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	10,3	6,4	4,5	4,2	4,5	6,2	7,6	7,4	2,7	3,7	6,2	5,5	5,1	5,0	3,4	5,8	8,7	4,1	7,7	2,8	4,3	3,0	3,3	11,3
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	7,4	4,3	3,2	3,2	3,0	3,1	4,0	3,7	1,3	2,7	4,4	3,8	3,9	4,1	2,5	3,9	5,7	3,6	6,5	4,1	2,5	2,3	2,6	8,4
Benzo (k) fluorantene	20		3,7	2,3	1,6	1,5	1,6	2,3	2,8	2,7	1,0	1,3	2,3	2,0	1,9	1,8	1,2	2,1	3,3	1,5	2,7	1,2	1,5	1,0	1,2	4,0
Crisene	108	108	1,9	1,2	1,1	<LQ	<LQ	1,4	1,2	1,4	<LQ	<LQ	1,4	1,2	1,2	1,0	<LQ	<LQ	1,5	<LQ	1,7	2,1	<LQ	<LQ	<LQ	1,7
Dibenzo (a, h) antracene		6	1,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	1,0	<1	1,1	<LQ	<LQ	1,2	<LQ	1,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5
Fenantrene	87	87	3,2	1,9	1,9	1,1	1,2	2,0	1,3	1,7	<LQ	1,0	2,0	1,8	2,0	1,4	1,7	1,9	2,6	1,9	3,9	5,0	1,3	1,2	1,4	2,7
Fluorantene	110	113	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorene	21	21	12,7	7,9	5,7	6,0	5,4	5,2	6,7	7,0	2,5	4,8	8,3	7,2	6,9	7,3	4,2	7,0	10,0	6,0	12,6	6,8	4,4	4,1	4,5	14,2
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2
Naftalene	35	35	3,3	2,1	1,9	1,4	1,6	2,6	2,1	2,4	1,3	1,7	2,9	2,4	2,2	2,1	1,7	1,9	2,4	1,6	3,3	3,3	1,5	1,3	1,2	3,3
Pirene	153	153	2,8	1,6	1,4	1,2	1,3	2,5	1,7	2,1	<LQ	<LQ	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,8	2,3	1,2	2,4	3,7	1,1	<LQ	<LQ	2,8
Totale	900	900	50,3	29,2	22,3	19,6	19,6	27,8	28,6	29,8	8,7	15,3	33,8	27,7	25,8	26,0	16,9	25,8	40,9	19,9	45,1	33,3	16,6	12,9	14,2	54,8

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	8° survey post lavori (estate 2019)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	<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	24	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	1,0	<LQ	1,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	1,0	1,7	<LQ	<LQ	1,3	
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	1,2	1,0	1,6	1,1	1,1	<LQ	1,2	1,1	1,1	1,9	1,0	1,0	1,1	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	1,3	1,4	1,2	2,2	1,2	<LQ	1,7
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	7,5	5,1	6,1	4,9	4,9	4,3	5,9	6,0	5,4	9,9	5,0	5,0	5,6	4,7	3,8	3,0	4,3	6,4	7,2	6,0	12,9	5,4	4,7	8,5
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	3,6	2,6	3,4	2,6	2,6	2,3	3,1	3,0	2,8	4,8	2,5	2,5	2,9	2,5	1,9	1,5	2,1	3,3	3,6	3,2	5,8	2,8	2,4	4,4
Benzo (k) fluorantene	20		2,6	1,8	1,3	1,7	1,7	1,5	2,0	2,0	1,9	3,4	1,7	1,7	1,9	1,6	1,3	1,0	1,5	2,2	2,5	2,1	4,4	1,8	1,6	2,9
Crisene	108	108	1,3	1,0	2,1	1,0	1,0	<LQ	1,2	1,0	1,1	2,0	1,0	1,0	1,1	0,9	<LQ	<LQ	<LQ	1,3	1,5	1,3	2,1	1,1	<LQ	1,7
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantrene	87	87	1,7	1,4	2,6	1,5	1,6	1,3	1,6	1,6	1,6	2,9	1,4	1,4	1,7	1,4	1,3	1,0	1,4	1,8	2,2	1,7	3,0	1,7	1,4	2,4
Fluorantene	110	113	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorene	21	21	6,9	4,9	2,8	5,1	4,9	4,4	6,2	5,9	5,5	9,5	4,8	5,0	5,8	5,0	3,7	2,9	4,1	6,5	7,2	6,3	11,7	5,5	4,8	8,9
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Naftalene	35	35	1,4	1,3	4,5	1,3	1,4	1,2	1,3	1,4	1,5	2,7	1,3	1,3	1,4	1,2	1,1	<LQ	1,4	1,6	2,0	1,7	2,9	1,6	1,3	2,4
Pirene	153	153	1,5	1,3	3,1	1,5	1,6	1,3	1,7	1,5	1,5	2,6	1,3	1,4	1,6	1,5	1,2	<LQ	1,3	1,7	1,9	1,6	2,5	1,5	1,3	2,3
Totale	900	900	28,7	20,3	30,2	20,5	20,8	16,1	24,3	23,6	22,5	42,1	20,1	20,3	23,1	19,9	14,4	9,5	16,1	27,2	29,6	26,0	50,2	22,6	17,5	36,4

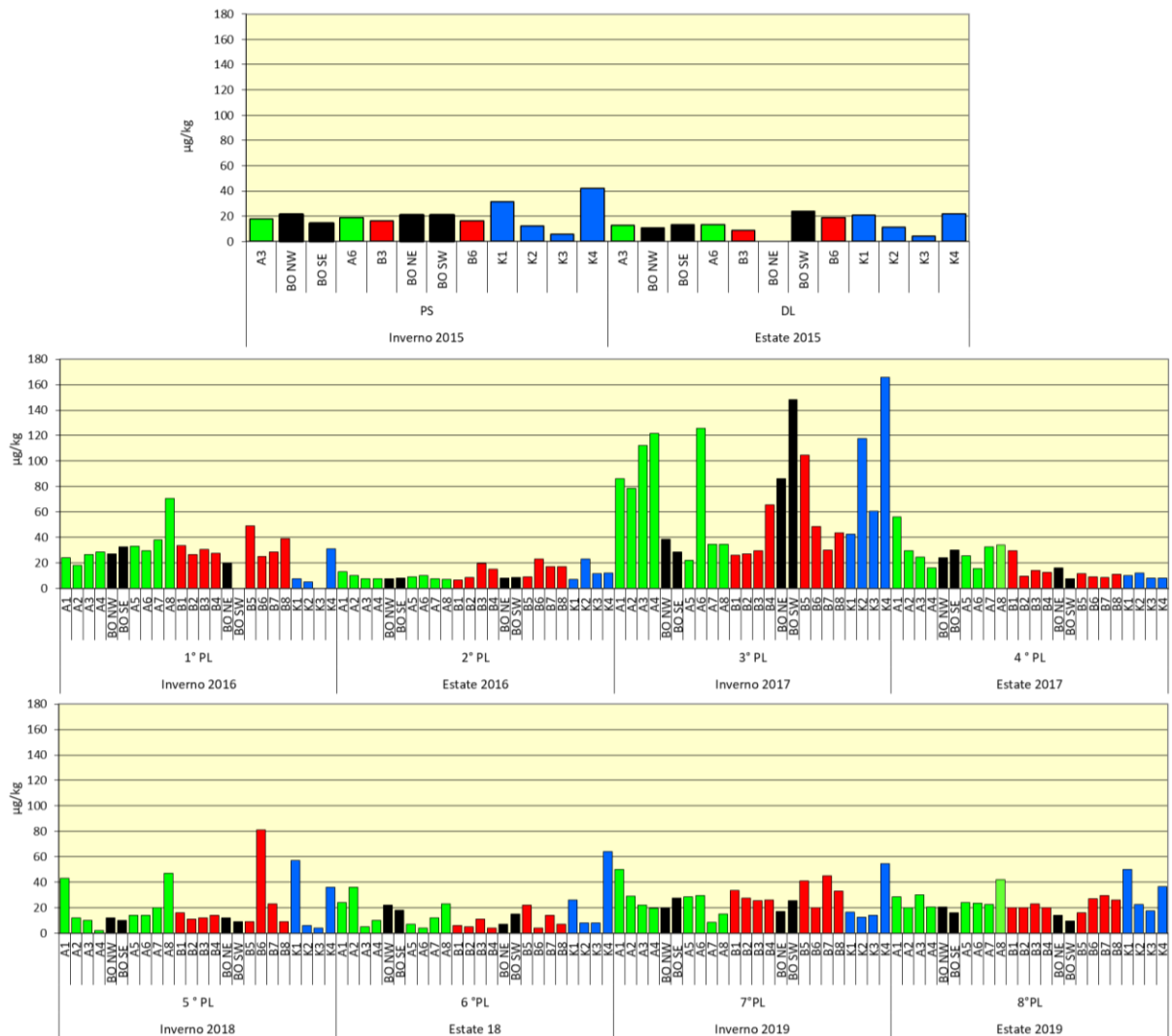


Fig. 3.36 - Idrocarburi Policiclici Aromatici totali rilevati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.3.3. IDROCARBURI TOTALI

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

Per quanto riguarda gli idrocarburi pesanti ($C > 12$; Tab. 3-IX; fig. 3.37), non sono state individuate differenze degne di nota tra i tenori medi registrati lungo i transetti, presso Bonaccia NW e controlli (\pm dev. st.; A: $10,48 \pm 1,52$; B: $8,58 \pm 1,93$; BO: $8,88 \pm 2,41$; K: $11,69 \pm 1,59$ mg/kg).

Questi composti hanno mostrato nell'arco dell'indagine valori sempre modesti e comunque inferiori alla concentrazione rilevata in K2 durante il pre-survey.

Già durante i lavori di installazione era avvenuto un decremento e nel survey successivo questi composti erano risultati inferiori al limite di quantificazione. Nel 2° post lavori erano stati rilevati solo in alcune stazioni, mentre nel monitoraggio successivo erano diffusamente presenti ma con tenori inferiori a quelli del pre-survey. Anche nel 2018 gli idrocarburi pesanti erano stati rilevati sporadicamente, mentre nell'inverno 2019 si è assistito a un lieve aumento generalizzato, senza distinzioni tra l'area circostante la piattaforma e i controlli. Nell'estate 2019 è avvenuto un nuovo decremento confermando l'assenza di effetti di Bonaccia NW su questi contaminanti.

Tab. 3-IX- Idrocarburi pesanti C>12 (mg/kg) rilevati nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in rosso. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
A1			<5	<5	13,7	<5	7,0	5,0	12,8	10,7
A2			<5	<5	16,0	5,7	<5	<5	12,8	10,1
A3	7,1	17,4	<5	5,4	15,4	<5	<5	<5	12,7	11,4
A4			<5	<5	13,6	6,5	<5	8,0	13,0	11,8
BO NW	<5,0	17,2	<5	6,5	12,1	6,9	<5	7,0	17,3	9,8
BO SE	24,2	18,8	<5	<5	14,7	6,6	<5	<5	14,0	11,8
A5			<5	<5	17,7	8,5	<5	<5	13,3	7,3
A6	62,9	17,3	<5	<5	14,2	16,7	<5	<5	14,0	10,3
A7			<5	<5	11,5	7,3	<5	<5	25,6	10,0
A8			<5	<5	13,3	6,3	5,0	5,0	9,2	12,3
B1			<5	<5	11,0	5,9	6,0	6,0	10,0	9,8
B2			<5	6,9	13,3	6,5	<5	<5	9,9	7,7
B3	34,9	13,3	<5	7,3	12,2	5,7	<5	<5	13,4	11,1
B4			<5	<5	9,7	<5	6,0	6,0	12,5	10,4
BO NE	74,4		<5	<5	10,2	7,3	5,0	5,0	13,7	7,4
BO SW	38,8	19,6	<5	6,6	13,8	6,0	<5	7,0	20,8	6,5
B5			<5	5,9	9,6	6,0	6,0	9,0	14,4	7,5
B6	64,1	18,3	<5	5,4	12,7	8,1	9,0	8,0	27,8	9,1
B7			<5	<5	9,1	6,0	<5	<5	16,3	5,1
B8			<5	<5	10,8	<5	<5	<5	13,3	8,1
K1	65,9	23,9	<5	<5	14,1	<5	6,0	7,0	10,4	14,0
K2	182,2	20,9	<5	7,5	10,3	<5	5,0	5,0	24,0	11,2
K3	23,6	9,86	<5	10,4	9,7	<5	<5	<5	20,2	10,5
K4	39,2	28,0	<5	5,5	10,5	5,8	<5	8,0	23,1	11,1

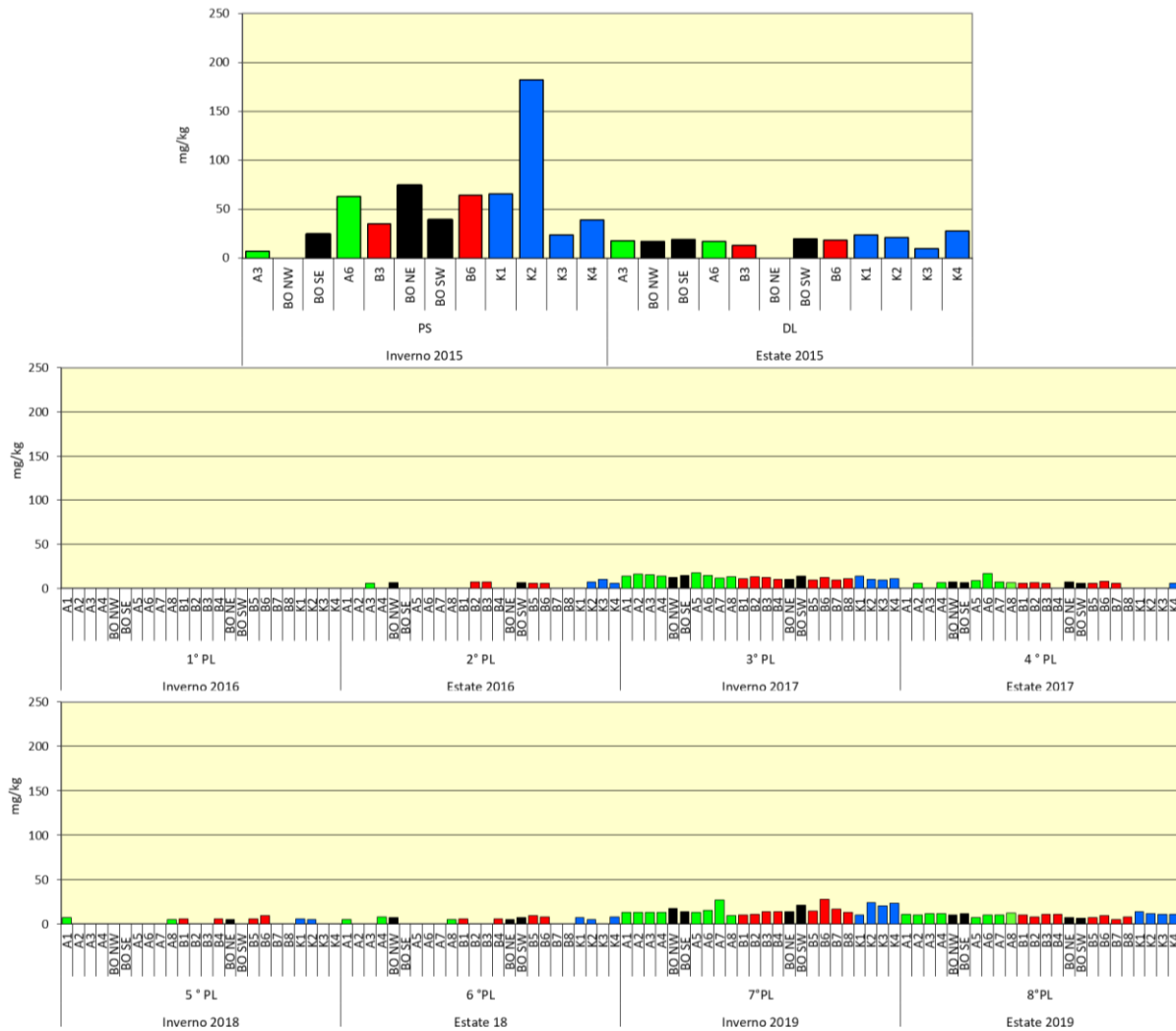


Fig. 3.37 - Idrocarburi pesanti (C>12) rilevati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati dal pre-survey all'8° monitoraggio post lavori di installazione sono riportati in fig. 3.38 e in Tab. 3-X. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai Livelli Chimici di Riferimento Nazionali (di seguito LCRN) indicati nel DM 173/2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità (SQA) riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale (50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

Alluminio – Nel pre-survey le percentuali di questo metallo rilevate entro 60 m dalla futura piattaforma oscillavano tra 1,05% (A3) e 1,89% (B6), presentando una concentrazione media (\pm dev.st.; $1,45 \pm 0,26\%$) del tutto in linea con quella dei controlli ($1,56 \pm 0,94\%$). Durante le operazioni di installazione non sono state osservate variazioni degne di nota; tutti i tenori lungo i transetti erano inferiori o paragonabili ai controlli, esibendo una media complessiva ($1,27 \pm 0,10\%$) inferiore a quella del pre-survey.

Anche nei monitoraggi successivi le variazioni sono state molto contenute e le concentrazioni sempre in linea il pre-survey. Nell'ultimo campionamento il contenuto maggiore di alluminio è stato registrato nel controllo K1 (3,17%) e il minimo in BO NW (0,55%). L'andamento generale consente di affermare che non ci sono anomalie a carico di questo elemento.

Arsenico – Prima della posa della struttura le concentrazioni di arsenico erano modeste e inferiori all'LCRN, con una media complessiva entro 60 m dalla futura piattaforma ($9,02 \pm 1,32$ mg/kg) simile a quella dei controlli ($6,19 \pm 2,57$ mg/kg).

I lavori di installazione non avevano comportato variazioni importanti, mentre nel 1° post lavori lungo i transetti era avvenuto un diffuso incremento con il raggiungimento di valori superiori all'LCRN. Tale superamento era stato registrato, ma in maniera più modesta, anche nei controlli K2 e K3. Nel 2° post, al contrario, l'arsenico si era ridotto pur rimanendo in molti siti superiore, anche se modestamente, all'LCRN. Nel 3° post lavori condotto nell'inverno 2017 era stata rilevata una certa variabilità lungo i transetti e nei siti prossimi a Bonaccia NW e le concentrazioni erano per lo più superiori all'LCRN, anche nel controllo K1. Inoltre, in B1 si rilevava il valore maggiore (26,84 mg/kg) fino a quel momento.

Il 4° post lavori è stato caratterizzato da variazioni modeste, mentre nel 5° si era verificato un generale, seppur modesto, incremento. Presso la piattaforma erano stati raggiunti picchi (massimo di 34,58 mg/kg in BO SE) che rimangono ad oggi insuperati. Nei due survey successivi nell'area circostante la piattaforma il contenuto di arsenico era superiore rispetto ai controlli, mentre nell'ultimo è stata mediamente riscontrata una certa omogeneità tra i vari gruppi di stazioni (A: $19,78 \pm 4,55$; B: $22,78 \pm 1,84$; BO: $22,00 \pm 2,23$; K: $17,12 \pm 2,04$ mg/kg). Tuttavia, poiché in 4 siti (A7, B4, B7 e BO SE) le concentrazioni sono risultate doppie rispetto all'LCRN, è stata eseguita l'estrazione sequenziale descritta nel Cap. 3.3.4.1.

Bario – Durante il pre-survey il bario era modestamente presente nell'area indagata. I primi segnali di alterazione erano stati rilevati durante le operazioni di posa: presso Bonaccia NW, infatti, era avvenuto un deciso incremento, raggiungendo un valore medio pari a $208,3 \pm 18,2$ mg/kg, con due picchi in BO SE e BO SW ($221,62$ e $215,68$ mg/kg rispettivamente) pari a 6 volte la media dei controlli.

Anche nel 1° post lavori erano state rilevate delle anomalie: in A8 c'era un picco pari a 4,5 volte la media dei riferimenti ($34,39 \pm 11,47$ mg/kg), lungo il transetto B vi era una chiara tendenza all'incremento di bario al ridursi della distanza dalla piattaforma dove, al di là delle differenze tra siti, si registrava un valore medio ($185,10 \pm 92,15$ mg/kg) pari a oltre 5 volte la media dei controlli. In corrispondenza di BO NW era stato registrato il massimo assoluto stagionale ($312,83$ mg/kg) pari a quasi 10 volte la media dei siti K.

Nell'estate 2016 (2° post lavori) era stato segnalato unicamente un picco significativo in B6 corrispondente a 11 volte la media dei riferimenti ($36,18 \pm 7,49$ mg/kg).

Nel 3° post lavori le concentrazioni tendevano ad aumentare presso Bonaccia NW e a breve distanza da essa, in particolare in A5 in cui il tenore ($369,00$ mg/kg) era pari a oltre 10 volte la media dei riferimenti ($27,34 \pm 12,86$ mg/kg).

Nell'estate 2017 (4° post lavori) si era presentata una situazione simile a quella della campagna precedente, con concentrazioni più elevate nelle stazioni adiacenti la piattaforma, in particolare in BO SE ($220,06$ mg/kg) e BO NE ($194,02$ mg/kg); lungo i transetti e nelle stazioni di controllo, invece, i tenori erano simili e in linea anche con quelli del pre-survey.

Nel 5° post lavori era stato registrato il valore più elevato sino a quel momento in BO SE ($410,95$ mg/kg), pari a circa 16 volte la media dei controlli. I dati relativi all'estate 2018 suggerivano un diffuso recupero dell'area, essendo i tenori modesti in generale, pur rimanendo più elevati presso la piattaforma e in A8 rispetto ai controlli.

Nuove ed evidenti anomalie erano emerse in inverno 2019 presso la piattaforma, dove la concentrazione media ($379,10 \pm 139,96$ mg/kg) risultava pari a oltre 10 volte quella dei controlli ($30,20 \pm 9,92$ mg/kg). In particolare, presso BO NW era stato registrato il tenore più elevato dell'intero periodo di indagine ($569,89$ mg/kg).

Nell'estate 2019 permangono evidenti anomalie positive in BO SE e BO NE, anche se nettamente inferiori alle precedenti: i tenori ($170,24$ e $228,66$ mg/kg rispettivamente) risultano infatti pari a 2,5 e 3,4 volte la media dei controlli ($68,22 \pm 27,27$ mg/kg). Essendo

tali concentrazioni assieme a quella di A8 (109,02 mg/kg) più che doppie rispetto alla media del pre-survey, è stata eseguita l'estrazione sequenziale descritta nel Cap. 3.3.4.1.

Come osservato in precedenza, vi sono indicazioni di un effetto di Bonaccia NW su questo metallo.

Cadmio – Questo metallo è notevolmente omogeneo nell'area, come era emerso durante il pre-survey (entro 60 m: $0,088 \pm 0,003$; controlli: $0,092 \pm 0,019$ mg/kg). Questa situazione non era stata modificata dalle attività di installazione di Bonaccia NW, quando anzi era stato evidenziato un diffuso decremento eccetto in K2.

Anche dopo la posa i tenori sono rimasti diffusamente modesti senza alcuna anomalia riconducibile alla piattaforma. In tutto il periodo le concentrazioni sono risultate estremamente inferiori all'LCRN senza mostrare alcun segnale di alterazione.

Cromo – Le concentrazioni di cromo hanno mostrato nel tempo modeste variazioni e sono rimaste per lo più inferiori all'LCRN.

I valori determinati nell'area prima della posa della piattaforma lungo i transetti e nell'area destinata ad accogliere Bonaccia NW oscillavano tra 38,27 mg/kg (A3) e 59,63 mg/kg (B6), risultando mediamente confrontabili con i controlli (entro 60 m: $47,87 \pm 6,50$; controlli: $50,36 \pm 19,58$ mg/kg). Le operazioni di installazione non avevano determinato variazioni consistenti: i tenori erano rimasti omogenei tra i siti, variando tra 39,75 e 45,30 mg/kg, e del tutto in linea con la media dei riferimenti ($45,42 \pm 8,80$ mg/kg).

Durante le fasi successive le concentrazioni sono oscillate in intervalli ristretti e le medie dei transetti e dei siti BO sono sempre rimaste inferiori a quelle dei controlli con la sola eccezione del 4° post lavori, ma anche in quel caso il superamento era stato irrisorio. Rari sono stati i tenori maggiori dell'LCRN.

I dati suggeriscono l'assenza di effetti di Bonaccia NW su questo elemento.

Rame – Questo metallo è sempre stato presente in concentrazioni molto basse e molto inferiori all'LCRN nell'area di studio. Neanche le operazioni di installazione hanno modificato le condizioni dell'area. Nell'ultimo monitoraggio è stata confermata una sostanziale omogeneità tra transetti, piattaforma e controlli (A: $9,33 \pm 2,76$; B: $7,49 \pm 0,91$; BO: $7,37 \pm 2,24$; K: $9,37 \pm 2,75$ mg/kg).

Si esclude pertanto un effetto di Bonaccia NW su questo metallo.

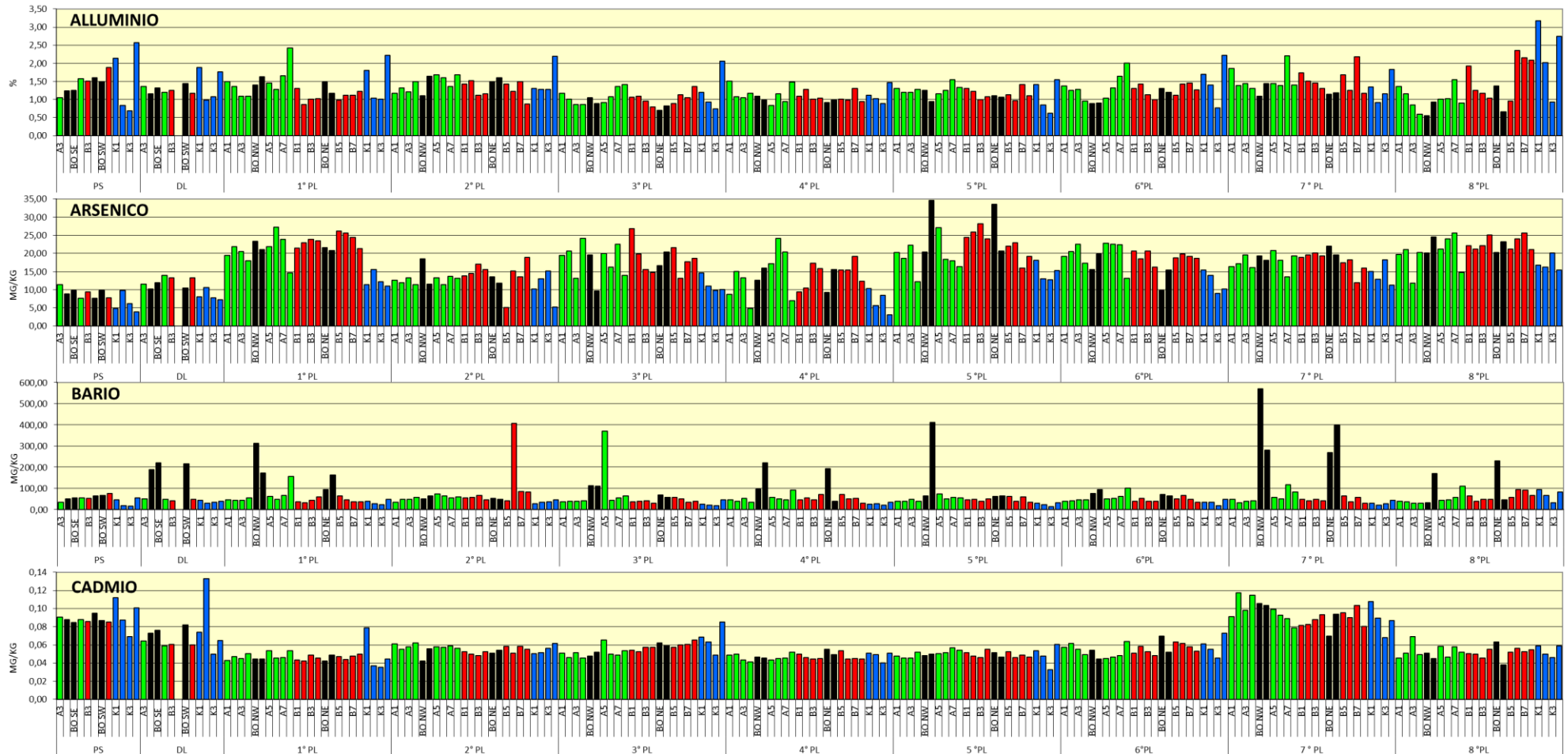


Fig. 3.38 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nell'intero periodo. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

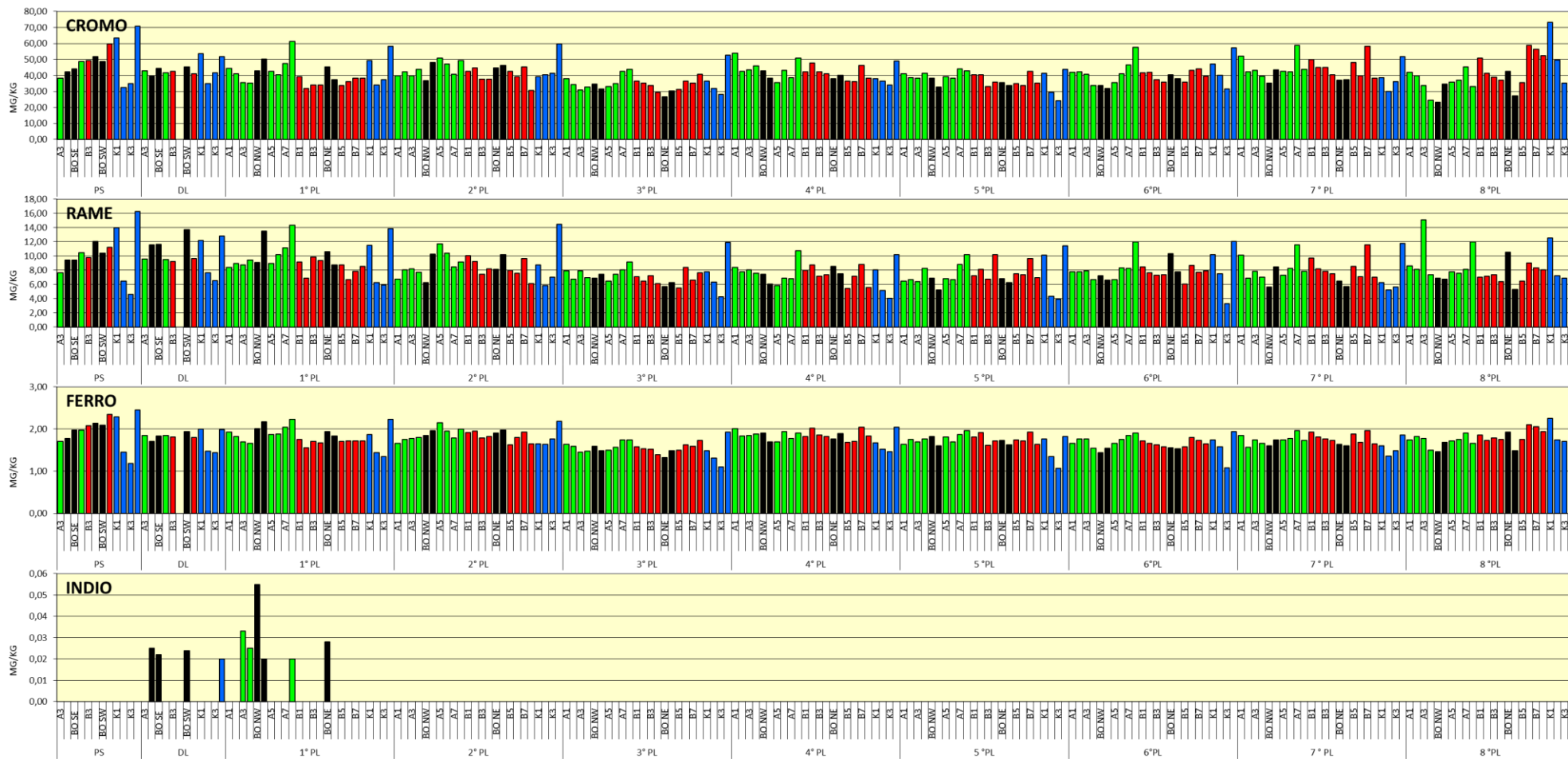


Fig. 3.38 – Continuo.

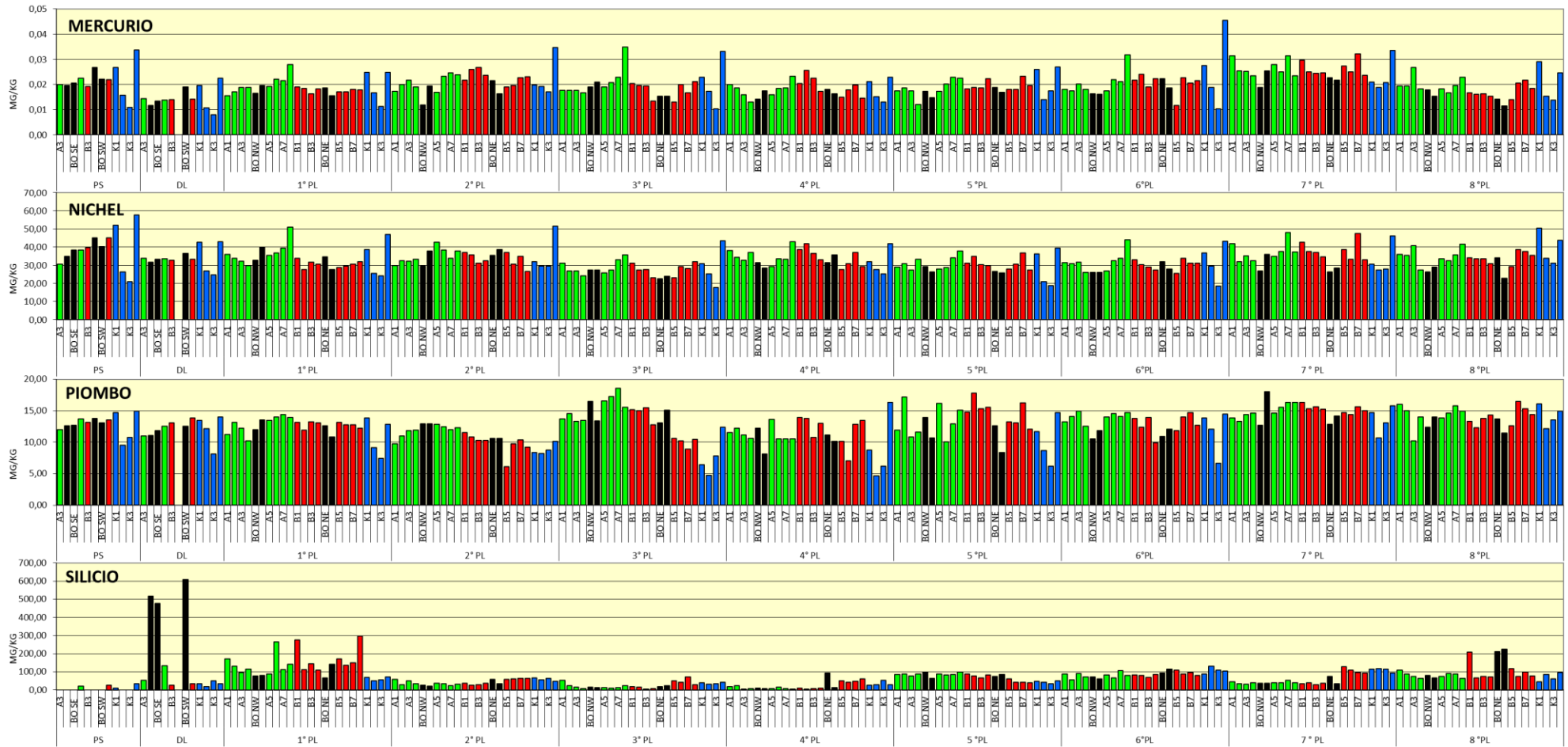


Fig. 3.38 – Continuo.

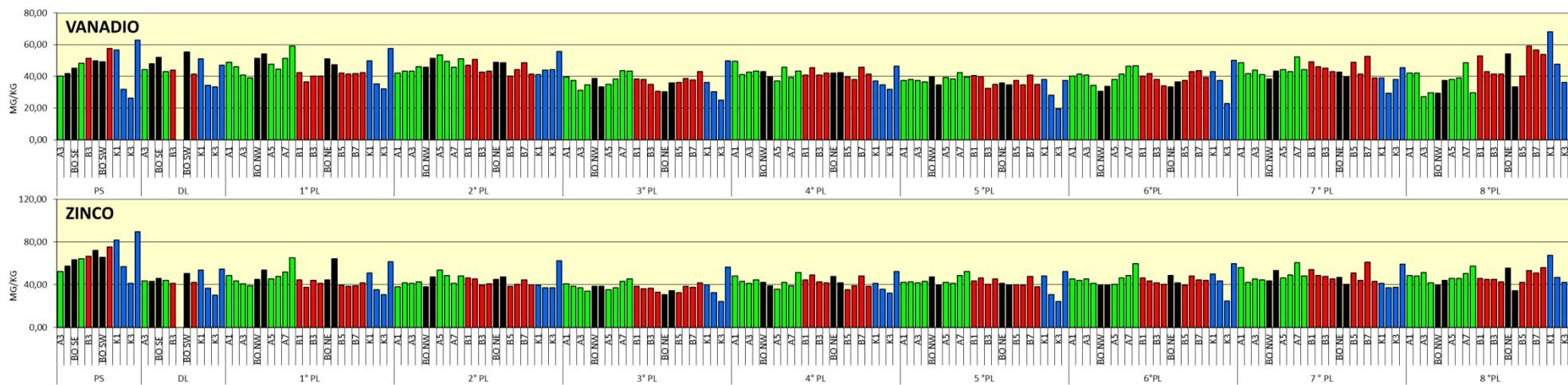


Fig. 3.38 – Continuo.

Tab. 3-X - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori. I superamenti del LCRN (DM 173/2016) sono evidenziati in grassetto.

	Alluminio										Arsenico									
	-										LCRN = 12 mg/kg/kg									
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
A1			1,49	1,17	1,17	1,51	1,31	1,37	1,86	1,36			19,50	12,63	19,43	16,54	20,18	19,19	16,33	19,73
A2			1,36	1,32	1,01	1,07	1,19	1,26	1,39	1,16			21,86	11,88	20,60	16,71	18,61	20,52	17,09	21,04
A3	1,05	1,35	1,10	1,22	0,87	1,05	1,19	1,28	1,43	0,85	11,33	11,57	20,55	13,20	13,11	17,64	22,21	22,49	19,54	11,82
A4			1,09	1,50	0,86	1,17	1,28	0,96	1,30	0,59			17,95	11,35	24,08	8,34	12,14	17,35	16,06	20,21
CL NW	1,24	1,16	1,40	1,10	1,04	1,09	1,26	0,89	1,09	0,55	8,83	10,19	23,36	18,55	19,60	17,36	20,39	15,58	19,24	20,05
CL SE	1,25	1,32	1,63	1,65	0,89	0,99	0,94	0,90	1,44	0,93	9,80	11,87	21,07	11,48	9,71	18,59	34,58	19,87	18,09	24,52
A5			1,45	1,68	0,91	0,83	1,16	1,04	1,44	1,01			21,84	13,31	20,00	18,69	27,05	22,79	20,82	21,16
A6	1,58	1,19	1,27	1,60	1,08	1,16	1,25	1,32	1,39	1,03	7,60	13,90	27,20	11,35	16,16	20,06	18,41	22,48	18,03	23,98
A7			1,66	1,36	1,37	0,94	1,55	1,64	1,65	1,54			23,80	13,68	22,46	20,41	17,92	22,41	10,18	25,65
A8			2,42	1,68	1,41	1,48	1,34	2,01	1,40	0,90			14,67	13,13	13,92	9,88	16,35	13,19	19,24	14,70
B1			1,30	1,43	1,07	1,09	1,30	1,30	1,74	1,92			21,42	13,81	26,84	18,67	24,36	20,69	18,86	22,17
B2			0,86	1,52	1,10	1,28	1,23	1,43	1,51	1,26			22,88	14,53	19,85	17,36	25,89	18,45	19,58	21,13
B3	1,51	1,25	1,00	1,12	0,95	1,00	1,00	1,14	1,45	1,17	9,44	13,24	23,93	17,07	15,55	18,06	28,15	20,61	20,13	22,12
B4			1,03	1,16	0,80	1,04	1,08	1,00	1,31	1,03			23,42	15,52	14,80	19,65	23,97	16,27	19,29	25,09
CL NE	1,60		1,48	1,50	0,70	0,92	1,10	1,30	1,14	1,37	7,59		21,54	13,53	16,55	17,14	33,54	9,79	21,99	20,18
CL SW	1,49	1,44	1,17	1,60	0,82	0,98	1,07	1,20	1,18	0,66	9,76	10,40	20,75	11,78	20,43	18,17	20,61	15,38	19,64	23,23
B5			0,98	1,43	0,89	1,01	1,13	1,11	1,69	0,95			26,10	5,09	21,61	18,99	21,92	18,70	17,37	21,17
B6	1,89	1,18	1,11	1,23	1,13	0,98	0,98	1,43	1,25	2,36	7,81	13,33	25,65	15,20	13,19	17,76	22,96	19,85	18,23	23,93
B7			1,12	1,49	1,04	1,30	1,42	1,45	2,18	2,16			24,34	13,52	17,72	18,29	16,01	19,19	11,95	25,58
B8			1,23	0,88	1,36	0,94	1,11	1,27	1,17	2,08			21,27	18,95	18,62	20,88	19,19	18,69	15,88	21,04
K1	2,14	1,89	1,80	1,31	1,20	1,12	1,41	1,70	1,34	3,17	4,83	8,02	11,40	10,17	14,66	14,71	18,13	15,35	14,99	16,72
K2	0,84	0,99	1,04	1,27	0,93	1,02	0,85	1,41	0,92	2,02	9,78	10,60	15,58	13,06	10,97	13,55	13,04	13,91	12,80	16,26
K3	0,68	1,08	1,01	1,27	0,74	0,89	0,62	0,77	1,16	0,93	6,22	7,72	12,15	15,21	9,81	13,00	12,73	9,04	18,26	20,07
K4	2,58	1,76	2,22	2,19	2,06	1,47	1,54	2,22	1,84	2,75	3,92	7,21	11,05	5,20	10,06	13,19	15,23	10,14	11,29	15,43

Tab. 3-X – Continuo.

	Bario										Cadmio									
	-										LCRN = 0,3 mg/kg									
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
A1			46,77	34,91	36,07	46,03	38,05	38,10	48,90	38,94			0,043	0,061	0,051	0,049	0,048	0,057	0,091	0,045
A2			44,57	48,39	39,24	38,63	38,15	41,28	31,39	37,36			0,047	0,055	0,046	0,050	0,046	0,062	0,118	0,051
A3	34,45	50,25	43,00	48,35	39,86	52,16	47,91	46,82	38,11	30,42	0,091	0,064	0,045	0,058	0,052	0,044	0,046	0,055	0,098	0,069
A4			53,89	57,92	40,51	33,68	38,07	46,62	40,62	28,65			0,050	0,062	0,045	0,041	0,052	0,049	0,115	0,049
CL NW	50,24	187,49	312,83	51,44	112,49	96,75	65,02	76,55	569,89	32,74	0,088	0,073	0,044	0,043	0,048	0,046	0,048	0,054	0,105	0,051
CL SE	54,80	221,62	172,25	63,89	109,50	220,06	410,95	94,44	279,88	170,24	0,085	0,076	0,045	0,056	0,052	0,046	0,050	0,044	0,103	0,045
A5			61,23	72,59	369,00	58,13	73,98	50,96	56,12	42,55			0,054	0,058	0,066	0,043	0,050	0,045	0,099	0,059
A6	54,31	48,74	47,59	65,24	43,58	50,49	49,90	51,78	50,69	46,13	0,088	0,059	0,045	0,058	0,050	0,045	0,051	0,047	0,093	0,046
A7			65,68	55,72	54,52	46,47	57,94	61,64	87,99	56,09			0,046	0,059	0,049	0,046	0,057	0,048	0,089	0,058
A8			155,44	60,09	63,85	91,54	54,54	101,29	81,97	109,02			0,053	0,056	0,054	0,052	0,054	0,064	0,079	0,052
B1			35,51	56,02	37,67	46,59	45,71	37,70	48,04	64,11			0,044	0,053	0,054	0,050	0,051	0,051	0,082	0,051
B2			32,47	57,51	39,24	55,68	47,48	52,39	40,93	37,92			0,042	0,050	0,053	0,046	0,048	0,058	0,083	0,050
B3	53,09	42,12	44,18	67,19	41,74	45,96	39,77	38,69	47,79	48,90	0,086	0,060	0,049	0,048	0,057	0,045	0,046	0,052	0,088	0,046
B4			60,02	45,00	29,94	72,07	50,21	38,93	41,84	47,58			0,045	0,053	0,057	0,045	0,055	0,048	0,093	0,055
CL NE	63,71		93,03	53,65	69,32	194,02	60,70	72,13	268,77	228,66	0,095		0,042	0,051	0,062	0,055	0,052	0,070	0,070	0,063
CL SW	67,05	215,68	162,38	46,99	57,80	38,51	64,22	64,64	397,86	46,14	0,087	0,082	0,049	0,054	0,059	0,049	0,046	0,052	0,094	0,038
B5			65,04	41,51	58,14	71,20	61,17	50,44	65,23	57,21			0,047	0,059	0,057	0,053	0,052	0,063	0,095	0,052
B6	75,02	47,96	46,14	407,76	51,34	49,79	39,70	66,46	37,40	94,56	0,085	0,060	0,044	0,051	0,060	0,044	0,046	0,062	0,090	0,056
B7			37,35	83,95	33,49	53,36	60,34	48,30	57,97	92,79			0,048	0,059	0,061	0,045	0,049	0,058	0,103	0,052
B8			37,54	82,14	39,04	29,05	33,69	34,10	29,90	67,56			0,050	0,055	0,066	0,045	0,046	0,053	0,080	0,055
K1	45,68	42,55	39,37	28,21	24,97	24,85	30,18	34,72	28,96	93,34	0,112	0,074	0,079	0,050	0,069	0,051	0,054	0,061	0,108	0,059
K2	18,87	28,54	27,29	33,62	21,36	26,85	22,77	35,22	20,86	65,33	0,087	0,133	0,037	0,052	0,063	0,049	0,048	0,055	0,090	0,050
K3	15,62	34,10	22,86	36,80	17,01	20,91	13,35	17,02	26,83	31,18	0,069	0,050	0,035	0,056	0,049	0,040	0,033	0,046	0,068	0,046
K4	56,04	39,40	48,04	46,08	45,99	33,90	32,47	48,59	44,16	83,01	0,101	0,065	0,045	0,062	0,085	0,051	0,061	0,073	0,087	0,059

Tab. 3-X – Continuo.

	Cromo									Rame										
	LCRN = 50 mg/kg									LCRN = 40 mg/kg										
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
A1			44,43	39,68	38,06	53,99	41,05	41,83	52,23	42,08			8,44	6,79	7,92	8,40	6,47	7,76	10,13	8,56
A2			40,95	42,22	34,29	42,71	38,63	42,19	42,14	39,77			8,99	8,04	6,77	7,81	6,70	7,77	6,87	8,15
A3	38,27	42,95	35,54	39,97	30,99	43,56	38,30	40,84	43,07	33,77	7,62	9,60	8,74	8,19	7,96	8,10	6,41	7,91	7,88	15,11
A4			35,17	43,75	32,84	46,10	41,26	33,57	39,48	24,46			9,43	7,71	6,98	7,59	8,30	6,66	7,05	7,35
CL NW	42,18	39,75	42,77	36,71	34,72	42,97	38,33	33,74	35,26	23,42	9,43	11,57	9,10	6,29	6,86	7,47	6,91	7,22	5,66	6,90
CL SE	44,22	44,32	50,37	48,05	31,59	38,15	32,70	31,93	43,58	34,54	9,45	11,62	13,54	10,24	7,43	6,07	5,20	6,64	8,47	6,77
A5			42,47	50,99	33,18	35,56	39,35	35,55	42,53	35,92			8,98	11,71	6,45	5,88	6,83	6,67	7,32	7,77
A6	48,71	41,69	40,53	47,29	34,87	43,31	38,41	41,04	42,40	37,14	10,46	9,53	10,23	10,40	7,48	6,89	6,66	8,32	8,26	7,57
A7			47,38	40,80	42,61	38,61	44,12	46,72	44,02	45,37			11,17	8,45	8,09	6,84	8,79	8,27	8,68	8,12
A8			61,37	49,21	43,77	50,78	42,92	57,52	43,69	33,12			14,31	9,15	9,17	10,73	10,23	12,01	7,88	12,01
B1			39,33	42,65	36,41	42,26	40,38	41,64	49,85	50,76			9,18	10,04	7,10	7,96	7,23	8,46	9,73	7,06
B2			31,94	44,80	35,30	47,71	40,38	41,88	45,07	41,41			6,88	9,21	6,45	8,73	8,16	7,65	8,22	7,17
B3	49,23	42,65	33,97	37,76	33,79	42,27	33,00	37,43	45,14	39,04	9,76	9,21	9,85	7,43	7,20	7,17	6,78	7,27	7,88	7,37
B4			34,14	37,76	29,47	41,19	35,78	35,88	40,36	37,11			9,35	8,18	6,11	7,35	10,23	7,38	7,52	6,42
CL NE	51,91		45,22	44,81	26,62	37,86	35,55	40,43	37,07	42,67	12,07		10,61	8,12	5,70	8,56	6,83	10,33	6,50	10,54
CL SW	48,82	45,30	37,29	46,31	30,17	40,00	33,67	38,00	37,47	27,29	10,39	13,71	8,75	10,17	6,26	7,53	6,30	7,76	5,72	5,27
B5			33,64	42,58	31,28	36,33	35,05	35,80	48,04	35,39			8,77	7,99	5,51	5,46	7,52	6,09	8,54	6,51
B6	59,63	41,05	36,17	39,17	36,37	36,13	33,68	43,17	39,89	58,80	11,20	9,63	6,69	7,61	8,39	7,16	7,38	8,68	7,12	9,00
B7			38,32	45,25	35,17	46,24	42,46	44,12	58,27	56,35			7,87	9,64	6,59	8,83	9,62	7,69	11,58	8,34
B8			38,27	30,67	40,85	38,35	35,21	39,38	38,17	52,34			8,58	6,12	7,67	5,59	6,98	7,93	7,05	8,06
K1	63,28	53,54	49,25	39,10	36,43	37,87	41,50	47,18	38,73	73,30	13,97	12,23	11,52	8,78	7,80	8,04	10,12	10,20	6,29	12,53
K2	32,48	34,77	34,00	40,37	31,73	36,46	29,30	40,22	30,12	49,65	6,49	7,63	6,30	5,88	6,37	5,13	4,33	7,51	5,24	7,25
K3	34,79	41,69	37,22	41,32	28,23	33,91	24,33	31,57	36,18	35,14	4,60	6,52	5,95	7,06	4,30	4,04	3,90	3,32	5,68	6,90
K4	70,89	51,67	58,36	59,75	52,64	49,14	43,72	57,31	51,68	64,26	16,31	12,81	13,87	14,51	11,90	10,23	11,41	12,08	11,81	10,81

Tab. 3-X - Continuo.

	Ferro										Indio									
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
A1			1,93	1,66	1,63	2,01	1,63	1,66	1,85	1,74			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A2			1,82	1,75	1,60	1,84	1,75	1,76	1,56	1,83			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A3	1,70	1,84	1,70	1,78	1,45	1,84	1,69	1,76	1,74	1,78	< 0,02	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A4			1,66	1,80	1,48	1,88	1,76	1,55	1,66	1,49			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL NW	1,78	1,70	2,01	1,85	1,59	1,91	1,82	1,44	1,60	1,46	< 0,02	0,03	0,06	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL SE	1,97	1,84	2,18	1,96	1,48	1,69	1,61	1,54	1,74	1,68	< 0,02	0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A5			1,87	2,15	1,50	1,69	1,81	1,66	1,74	1,72			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A6	1,97	1,85	1,89	1,95	1,56	1,94	1,70	1,76	1,78	1,75	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A7			2,04	1,79	1,74	1,78	1,88	1,84	1,47	1,90			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
A8			2,23	2,00	1,74	1,90	1,97	1,90	1,73	1,66			0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B1			1,75	1,91	1,58	1,82	1,82	1,71	1,93	1,86			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B2			1,55	1,95	1,53	2,02	1,92	1,66	1,81	1,73			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B3	2,08	1,81	1,71	1,79	1,52	1,86	1,61	1,63	1,77	1,79	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B4			1,67	1,82	1,39	1,82	1,72	1,58	1,73	1,75			< 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL NE	2,14		1,94	1,91	1,33	1,77	1,73	1,56	1,64	1,93	< 0,02		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
CL SW	2,09	1,94	1,84	1,97	1,48	1,89	1,62	1,54	1,61	1,48	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B5			1,71	1,62	1,50	1,69	1,74	1,58	1,88	1,76			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B6	2,34	1,80	1,72	1,80	1,62	1,71	1,72	1,80	1,69	2,11	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B7			1,72	1,93	1,59	2,04	1,92	1,73	1,96	2,05			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
B8			1,72	1,65	1,73	1,84	1,64	1,65	1,65	1,94			< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K1	2,29	2,00	1,88	1,65	1,48	1,67	1,76	1,75	1,60	2,25	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K2	1,45	1,48	1,44	1,63	1,32	1,52	1,35	1,58	1,36	1,75	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K3	1,19	1,44	1,35	1,77	1,10	1,46	1,07	1,08	1,49	1,70	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
K4	2,45	1,99	2,23	2,18	1,92	2,05	1,82	1,94	1,85	2,10	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Tab. 3-X - Continuo.

	Mercurio										Nichel									
	LCRN = 0,3 mg/kg										LCRN = 30 mg/kg									
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
A1			0,016	0,017	0,018	0,020	0,018	0,018	0,039	0,036			35,89	29,67	31,00	38,14	28,91	31,44	41,75	35,93
A2			0,017	0,020	0,018	0,019	0,019	0,018	0,042	0,037			33,83	32,56	26,93	34,33	30,79	30,73	31,96	35,33
A3	0,020	0,014	0,019	0,022	0,018	0,016	0,018	0,020	0,047	0,035	30,56	33,78	32,07	32,07	26,92	32,66	27,38	31,60	35,00	40,78
A4			0,019	0,019	0,017	0,013	0,012	0,018	0,042	0,036			29,80	33,33	24,13	36,96	33,30	26,07	32,36	27,39
CL NW	0,020	0,012	0,016	0,012	0,019	0,014	0,017	0,016	0,038	0,036	34,86	31,61	32,67	29,35	27,39	31,31	29,11	25,89	26,68	26,19
CL SE	0,021	0,013	0,020	0,019	0,021	0,017	0,015	0,016	0,031	0,024	38,32	33,25	40,06	37,69	27,42	28,43	26,17	26,05	35,95	28,90
A5			0,019	0,017	0,019	0,016	0,017	0,017	0,042	0,014			35,41	42,74	25,83	29,13	27,95	26,76	34,72	33,56
A6	0,023	0,014	0,022	0,023	0,021	0,018	0,020	0,022	0,031	0,031	38,47	33,63	36,60	38,43	27,33	33,56	28,70	32,31	37,61	32,40
A7			0,021	0,025	0,023	0,019	0,023	0,021	0,042	0,019			39,30	33,90	32,90	33,21	34,08	33,87	35,96	35,73
A8			0,028	0,024	0,035	0,023	0,022	0,032	0,042	0,036			50,87	37,83	35,54	42,84	37,78	43,93	37,17	41,58
B1			0,019	0,022	0,020	0,020	0,018	0,022	0,043	0,039			33,79	37,08	31,10	38,72	31,18	33,10	42,54	33,97
B2			0,018	0,026	0,020	0,026	0,019	0,024	0,043	0,038			27,60	35,61	27,40	41,94	34,77	30,16	37,50	33,48
B3	0,019	0,014	0,016	0,027	0,019	0,023	0,019	0,019	0,041	0,035	39,56	32,80	31,58	31,18	27,52	36,50	30,34	28,87	36,90	33,37
B4			0,018	0,024	0,013	0,017	0,022	0,022	0,018	0,032			30,68	32,47	23,05	32,96	29,79	27,45	34,67	30,73
CL NE	0,027		0,019	0,022	0,015	0,018	0,019	0,022	0,026	0,023	45,09		34,66	35,38	22,63	31,26	26,42	31,96	26,35	34,10
CL SW	0,022	0,019	0,016	0,016	0,015	0,016	0,017	0,019	0,040	0,031	40,17	36,49	27,48	38,72	23,89	35,74	25,63	27,79	28,38	22,74
B5			0,017	0,019	0,013	0,015	0,018	0,012	0,041	0,030			28,60	36,91	23,16	27,55	27,96	25,55	38,69	29,31
B6	0,022	0,014	0,017	0,020	0,020	0,018	0,018	0,023	0,043	0,036	44,92	33,33	29,54	30,43	29,10	30,76	30,60	33,68	33,22	38,48
B7			0,018	0,023	0,017	0,020	0,023	0,021	0,039	0,035			30,67	34,72	28,15	36,94	36,82	31,17	47,53	37,58
B8			0,018	0,023	0,021	0,015	0,020	0,021	0,045	0,046			31,90	26,65	31,85	29,21	27,24	31,07	33,00	35,47
K1	0,027	0,020	0,025	0,020	0,023	0,021	0,026	0,028	0,044	0,038	52,12	42,66	38,47	31,81	30,91	31,94	36,20	36,64	30,66	50,40
K2	0,016	0,011	0,017	0,019	0,017	0,015	0,014	0,019	0,044	0,033	26,35	26,75	25,46	29,51	25,20	27,51	20,85	29,52	27,37	33,74
K3	0,011	0,008	0,011	0,017	0,010	0,013	0,018	0,010	0,043	0,040	20,84	24,77	24,10	29,48	17,77	25,14	18,77	18,58	27,81	31,13
K4	0,034	0,023	0,025	0,035	0,033	0,023	0,027	0,046	0,047	0,039	57,67	42,92	46,91	51,38	43,52	41,78	39,50	43,06	46,18	43,75

Tab. 3-X - Continuo.

	Piombo										Silicio									
	LCRN = 30 mg/kg										-									
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
A1			11,23	9,77	13,73	11,57	11,92	13,26	13,88	16,02			172,06	58,69	52,38	19,24	85,57	87,23	44,62	108,61
A2			13,14	11,01	14,55	12,26	17,17	14,08	13,34	14,98			130,00	29,82	23,14	22,98	87,07	57,04	34,68	89,15
A3	12,02	10,98	12,23	11,83	13,29	11,18	10,87	14,94	14,42	10,24	< 5	53,00	95,54	50,80	16,08	4,76	76,68	89,76	32,74	74,90
A4			10,19	11,93	13,47	10,59	11,58	12,56	14,61	14,00			116,39	33,37	8,26	7,72	87,40	72,58	39,53	64,65
CL NW	12,59	11,04	12,01	12,92	16,51	12,26	13,93	10,57	12,74	12,42	< 5	516,96	76,67	26,01	15,06	10,08	98,56	73,22	36,15	81,28
CL SE	12,73	11,86	13,51	12,97	13,37	8,10	10,71	11,85	18,07	14,04	< 5	476,29	80,71	20,11	12,63	7,85	63,11	62,50	38,11	67,04
A5			13,46	12,84	16,53	13,60	16,15	13,98	14,62	13,87			89,26	37,19	11,80	6,64	86,94	82,35	40,03	73,90
A6	13,72	12,55	14,00	12,48	17,30	10,53	10,09	14,53	15,55	14,63	20,95	133,97	266,14	34,44	9,91	14,67	82,60	66,23	39,83	91,40
A7			14,37	12,02	18,59	10,54	12,90	14,11	12,27	15,82			111,07	24,87	12,98	7,95	85,99	107,89	39,83	87,59
A8			13,97	12,30	15,57	10,51	15,07	14,71	16,34	14,97			142,39	32,02	23,12	6,25	97,83	79,26	39,90	65,25
B1			13,19	11,54	15,15	13,94	14,78	13,81	16,36	13,31			276,42	36,56	17,64	9,15	87,07	83,25	35,66	210,29
B2			11,90	10,88	14,98	13,82	17,81	12,41	15,30	12,31			112,35	26,92	16,17	5,22	77,93	81,44	39,49	65,84
B3	13,19	13,07	13,25	10,32	15,46	10,75	15,30	13,92	15,61	13,80	< 5	27,87	145,34	28,12	5,23	7,81	65,78	68,49	28,72	73,91
B4			13,12	10,29	12,81	13,00	15,58	9,91	15,29	14,34			110,42	36,99	7,21	10,54	83,35	86,57	36,34	72,21
CL NE	13,80		12,65	10,64	13,12	11,12	12,65	10,95	12,82	13,73	< 5		67,15	58,94	17,34	94,43	74,77	92,37	74,24	212,89
CL SW	13,07	12,54	10,81	10,60	15,09	10,17	8,34	12,10	14,14	11,49	< 5	608,78	142,72	34,92	24,38	12,21	84,93	114,88	33,78	224,53
B5			13,15	6,10	10,64	10,14	13,24	11,88	14,69	12,60			172,37	59,66	50,09	51,31	60,31	108,42	128,80	117,90
B6	13,53	13,84	12,77	9,76	10,21	7,03	13,08	13,99	14,40	16,48	26,38	35,18	136,38	60,24	42,29	42,12	42,31	87,39	109,04	74,25
B7			12,74	10,39	8,90	12,89	16,24	14,71	15,67	15,36			149,54	63,33	72,31	48,74	43,23	95,00	96,84	98,74
B8			12,26	9,19	10,47	13,48	12,05	12,67	14,99	14,43			296,54	64,48	28,76	61,26	39,03	81,09	92,32	78,72
K1	14,75	13,50	13,87	8,40	6,44	8,72	11,73	13,90	14,73	16,07	11,43	35,03	70,21	66,12	39,39	27,07	46,97	88,45	115,25	45,56
K2	9,54	12,17	9,13	8,19	4,70	4,62	8,67	12,06	10,70	12,19	< 5	17,66	51,03	55,89	31,61	29,82	41,73	129,92	117,80	84,69
K3	10,76	8,13	7,40	8,76	7,86	6,21	6,21	6,68	13,05	13,52	< 5	49,48	56,98	64,24	35,79	53,82	35,85	109,11	114,68	62,71
K4	14,94	14,02	12,85	10,15	12,37	16,33	14,67	14,48	15,77	14,91	34,41	33,46	71,76	48,97	42,12	30,04	50,04	105,39	93,92	96,15

Tab. 3-X - Continuo.

	Vanadio										Zinco									
	-										LCRN = 100 mg/kg									
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
A1			48,88	42,01	39,74	49,65	37,43	40,17	48,51	42,15			48,76	38,24	41,04	48,13	42,35	45,38	56,01	48,80
A2			46,13	43,33	37,41	41,09	38,07	41,49	41,68	42,07			43,46	41,75	38,47	43,24	42,56	44,09	42,48	48,07
A3	40,22	44,27	40,93	43,50	31,36	42,71	37,36	40,96	43,98	27,37	52,16	43,54	40,91	41,33	37,03	41,35	41,94	45,44	45,65	51,58
A4			39,05	46,21	34,73	43,26	36,63	34,29	41,18	29,83			39,20	42,93	34,09	44,69	43,26	41,12	44,53	41,63
CL NW	41,90	47,97	51,28	45,88	38,70	42,98	39,89	30,69	38,44	29,37	57,62	42,99	44,96	38,09	38,40	42,28	47,16	39,73	43,70	39,59
CL SE	45,19	51,89	54,20	51,57	33,55	39,82	34,69	33,73	43,43	37,60	63,54	45,91	53,94	47,20	38,77	38,82	39,80	40,12	53,10	44,27
A5			47,81	53,67	34,98	37,19	39,49	38,23	44,32	38,25			45,28	53,62	35,13	35,65	42,03	40,28	46,39	45,88
A6	48,35	42,91	44,71	49,48	38,46	45,75	38,54	41,42	43,14	39,13	64,14	43,93	47,63	48,88	37,30	42,22	41,22	46,44	49,00	46,08
A7			51,43	45,81	43,54	39,37	42,36	46,38	39,33	48,73			52,06	41,37	43,04	39,13	48,84	48,51	45,59	50,37
A8			59,03	51,18	43,29	43,33	39,66	46,71	44,31	29,67			65,04	48,13	45,70	51,40	52,60	59,67	48,23	57,65
B1			42,31	47,13	38,36	40,93	40,45	40,25	49,30	52,85			44,66	46,28	38,59	44,35	43,82	46,23	54,35	46,16
B2			36,42	50,85	38,03	45,44	40,07	41,70	46,09	43,10			37,57	45,55	36,11	49,16	46,32	43,63	48,54	45,14
B3	51,51	44,02	40,28	42,85	35,15	41,05	32,61	38,00	45,33	41,49	66,58	41,54	44,00	39,53	36,82	42,72	40,35	41,65	47,60	45,20
B4			40,19	43,38	30,73	42,29	35,04	34,00	43,00	41,41			41,12	40,84	32,84	41,77	45,68	40,31	45,69	42,66
CL NE	49,92		51,23	48,84	30,25	42,16	35,81	33,43	42,78	54,25	72,05		44,54	44,93	30,92	47,59	41,44	48,82	46,98	55,79
CL SW	49,33	55,34	47,38	48,49	35,83	42,47	34,70	36,54	39,89	33,45	65,60	50,72	64,53	47,14	34,60	41,74	40,09	41,98	40,44	34,62
B5			42,17	40,14	36,18	39,53	37,36	37,54	48,96	40,24			39,35	38,46	32,57	35,33	40,06	39,32	50,77	42,33
B6	57,68	41,65	41,57	44,17	38,82	38,13	34,81	43,20	41,54	59,22	75,20	42,46	38,71	40,29	38,77	38,85	39,57	48,13	43,89	53,37
B7			41,83	48,61	37,89	45,96	40,84	43,76	52,58	56,76			39,25	44,57	37,59	48,08	47,99	44,54	61,10	50,99
B8			42,40	41,43	42,95	41,58	34,86	39,38	38,93	54,05			42,00	39,81	41,81	38,77	38,16	44,04	43,09	56,26
K1	56,53	51,07	49,82	41,24	36,39	37,06	38,10	43,20	39,11	68,15	81,67	53,77	51,08	39,61	39,96	41,45	48,44	50,22	41,53	67,69
K2	31,86	34,36	35,18	43,93	30,36	34,68	28,30	37,38	29,45	47,85	57,11	36,71	35,41	37,29	32,80	35,79	30,73	43,52	37,36	46,68
K3	26,36	33,46	32,33	44,44	25,21	31,81	19,45	23,03	38,21	36,25	41,49	30,53	30,79	37,13	24,41	32,10	24,35	24,63	37,86	42,38
K4	62,82	47,04	57,50	55,83	49,88	46,33	37,38	50,30	45,54	60,56	89,65	54,66	61,42	62,57	56,48	52,31	52,30	59,52	59,08	58,95

Ferro – Come emerso dall’indagine di pre-survey questo metallo è presente nell’area di studio con tenori molto modesti. Le operazioni di posa in opera non avevano comportato alterazioni: le concentrazioni erano rimaste basse e molto omogenee tra loro, oscillando tra 1,94% e 1,70% entro 60 m dalla struttura, risultando del tutto in linea con la media dei riferimenti ($1,73 \pm 0,31\%$).

Nelle fasi successive i tenori sono rimasti modesti e sempre confrontabili o inferiori a quelli del pre-survey.

Indio – Questo metallo era al sotto del limite di quantificazione (0,02 mg/kg) durante il pre-survey. Successivamente è stato rilevato in pochi siti solo durante l’installazione della piattaforma e nel 1° monitoraggio post lavori.

Mercurio – Durante il pre-survey il mercurio presentava concentrazioni basse e del tutto omogenee (entro 60 m: $0,022 \pm 0,002$; controlli: $0,022 \pm 0,010$ mg/kg).

Durante le attività di installazione era avvenuto un diffuso decremento nelle stazioni poste entro 60 m dalla piattaforma, raggiungendo valori compresi tra 0,012 mg/kg (BO NW) e 0,019 mg/kg (BO SW) rimanendo comunque in linea con i controlli ($0,015 \pm 0,007$ mg/kg).

Un lieve aumento aveva caratterizzato il 1° survey post lavori; nei monitoraggi successivi le variazioni sono rimaste estremamente contenute e le concentrazioni sono state sempre notevolmente inferiori all’LCRN. A titolo di esempio, il massimo assoluto dell’intero periodo di indagine, pari a 0,0455 mg/kg (K4, 6° post lavori), è 7 volte inferiore all’LCRN. Non vi sono pertanto alterazioni per questo metallo in tutta l’area investigata.

Nichel – Durante il pre-survey i tenori oscillavano tra 30,56 mg/kg (A3) e 45,09 mg/kg (BO NE) entro 60 m dalla futura piattaforma, con un tenore medio confrontabile con i controlli ($38,99 \pm 4,83$ e $39,25 \pm 18,35$ mg/kg rispettivamente). Tutte le concentrazioni eccetto due erano superiori all’LCRN, con i superamenti maggiori in due controlli. Durante le operazioni di installazione non sono avvenute particolari variazioni e nei survey post lavori i tenori entro 250 m dalla piattaforma sono sempre rimasti inferiori o paragonabili ad almeno un controllo.

Si fa presente che il superamento dell’LCRN è avvenuto molto spesso in tutto il periodo, ma non può essere relazionabile alla piattaforma essendo stato osservato, come già esposto, anche prima della sua posa in opera e nei riferimenti.

Non si individuano pertanto segnali di alterazione riconducibili alla presenza di Bonaccia NW.

Piombo - Durante il pre-survey i tenori entro 60 m dalla futura piattaforma variavano tra 12,02 mg/kg (A3) e 13,80 mg/kg (BO NE) con una media del tutto in linea con quella dei controlli (13,08±0,61 e 12,50±2,76 mg/kg rispettivamente). Questo comportamento, confermato anche durante la posa, è rimasto pressochè invariato in tutti i monitoraggi post lavori e le concentrazioni, nonostante delle oscillazioni stagionali, sono sempre state molto inferiori all'LCRN. Pertanto, non ci sono anomalie da segnalare.

Silicio – Prima della posa della piattaforma il silicio era al di sotto del limite di quantificazione nella maggior parte dei siti. Entro 60 m dalla struttura era stato rilevato in A6 (20,95 mg/kg) e in B6 (26,38 mg/kg) e nei controlli solo in K1 (11,43 mg/kg) e in K4 (34,41 mg/kg).

Durate i lavori di posa era avvenuto un forte incremento, in particolare presso la piattaforma dove il metallo aveva raggiunto valori pari a 14-18 volte la media dei controlli (33,9±13 mg/kg). Gli altri siti risultavano in linea con i riferimenti tranne B6 (valore 4 volte la media dei riferimenti).

Nel 1° post lavori tali picchi non erano stati confermati, ma complessivamente il silicio risultava maggiormente concentrato nell'area di indagine rispetto ai controlli. Nei 3 survey successivi, invece, era stato osservato un calo lungo i transetti e presso Bonaccia NW. Anche i picchi registrati in quell'intervallo di tempo erano stati ritenuti del tutto trascurabili, tranne quello registrato in BO NE nel 4° survey post lavori (tenore oltre 2,5 volte la media dei riferimenti). Nel 5° survey erano stati osservati comportamenti diversi tra i siti, ma in generale le concentrazioni nell'area circostante la struttura erano maggiori rispetto a quelle dei controlli. In estate 2018 e inverno 2019 (6° e 7° post lavori) mediamente il contenuto del silicio era risultato più basso attorno alla piattaforma mentre nell'ultimo monitoraggio sono state osservate anomalie positive (B1, BO NE, BO SW) con concentrazioni (210,29, 212,89 e 224,53 mg/kg rispettivamente) circa triple rispetto alla media dei controlli (72,28±22,58 mg/kg).

Le osservazioni relative all'intero periodo di studio indicano che il silicio è caratterizzato da un'elevata variabilità temporale e spaziale, tanto che non è possibile identificare dei trend riconducibili alla presenza di Bonaccia NW.

Rispetto al pre-survey il silicio è avvenuto un incremento un po' ovunque ma, dati i comportamenti altalenanti, non ci sono elementi inequivocabili per identificare relazioni di causalità con la presenza della piattaforma.

Vanadio – Prima della posa della piattaforma le concentrazioni del vanadio erano oscillate tra 26,36 e 62,82 mg/kg (K3 e K4 rispettivamente). Per tutta la durata del monitoraggio questo metallo ha mostrato variazioni modeste e le medie di transetti e siti BO sono sempre risultate inferiori o in linea con quelle dei riferimenti, anche nell'ultimo monitoraggio (A: 37,15±7,50; B: 48,64±7,83; BO: 38,67±10,92; K: 53,20±14,07 mg/kg). Non sono mai state rilevate anomalie positive.

Zinco – Le concentrazioni di zinco tipiche dell'area sono basse, come emerso dal pre-survey. Nè l'installazione, né la fase di estrazione hanno modificato i tenori di questo metallo. Le concentrazioni complessive, infatti, sono sempre rimaste in linea con le medie dei controlli e non sono mai state registrate anomalie positive. In tutto il periodo di osservazione, incluso l'ultimo monitoraggio, non è mai stato superato l'LCRN.

3.3.4.1 Estrazione sequenziale dell'arsenico e del bario

Come anticipato nel Cap. 3.3.4., nell'ultimo monitoraggio per alcuni siti è stata eseguita l'estrazione sequenziale di arsenico e bario. Nel primo caso l'estrazione è stata effettuata nelle stazioni che esibivano una concentrazione doppia rispetto all'LCRN indicato nel DM 173/2016 (12 mg/kg), condizione rilevata in BO SE, A7, B4, B7. Per quanto concerne il bario, pur non rientrando tra i metalli normati dal DM 173/2016 e non essendo noto per la tossicità ambientale, poiché le concentrazioni rilevate nell'estate 2019 in BO SE, A8 e BO NE sono risultate più che doppie rispetto alla media del pre-survey (49,07±18,07 mg/kg) si è ritenuto opportuno valutarne la biodisponibilità. I risultati di questa procedura sono riportati in Tab. 3-XI.

Tab. 3-XI – Risultati dell'estrazione sequenziale dell'arsenico e del bario eseguita sui campioni prelevati nell'estate 2019 che avevano presentato concentrazioni anomale.

		Concentrazione totale (mg/kg)	Frazione potenzialmente Biodisponibile (Σ F1+F2+F3)	Frazione non Biodisponibile	Frazione potenzialmente Biodisponibile (Σ F1+F2+F3)	Frazione non Biodisponibile
		mg/kg	mg/kg	percentuale		
Arsenico	BO SE	24,52	5,2	19,3	21,1	78,9
	A7	25,65	5,5	20,2	21,3	78,7
	B4	25,09	5,7	19,4	22,7	77,3
	B7	25,58	5,9	19,7	23,0	77,0
Bario	BO SE	170,24	35,0	135,2	20,6	79,4
	A8	109,02	23,5	85,5	21,6	78,4
	BO NE	228,66	51,2	177,5	22,4	77,6

In tutti i casi esaminati per entrambi i metalli la frazione non biodisponibile ha rappresentato almeno il 77%. Inoltre, le concentrazioni delle frazioni biodisponibili sono risultate, in tutti i campioni e per entrambi gli elementi, ben al sotto dei valori presi come riferimento e che possono essere considerati come limiti cautelativi.

3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

La sostanza organica determinata nell'estate 2019 è risultata diffusamente bassa e con tenori confrontabili tra transetti, siti BO e controlli (A: 16232±2601; B: 16825±1798; BO: 16189±3488; K: 19509±4853 mg/kg; fig. 3.39 e Tab. 3-XII).

Prima dell'installazione i valori entro 60 m dalla futura piattaforma oscillavano in un range più ristretto (7400 mg/kg in BO NW; 17400 mg/kg in A6), rispetto ai controlli. Il massimo registrato in K4 (30400 mg/kg) in quel monitoraggio rimane ad oggi una delle maggiori concentrazioni dell'intero periodo di studio. Durante le operazioni di posa in opera della struttura erano stati registrati evidenti incrementi presso Bonaccia NW, tanto che il tenore raggiunto in BO SW (34500 mg/kg) rappresenta il massimo assoluto dell'intero periodo di studio.

Nella prima campagna post lavori si era verificata un'inversione di tendenza: complessivamente i tenori erano diffusamente bassi e confrontabili tra transetti, controlli e siti in prossimità di Bonaccia NW. Nell'estate 2016 (2° post lavori) i comportamenti variavano da stazione a stazione, ma le differenze rispetto all'inverno erano in generale modeste eccetto in K4, dove la sostanza organica era aumentata tornando al medesimo tenore registrato nel pre-survey. Anche nel 3° post lavori non si segnalavano cambiamenti degni di nota e i contenuti registrati lungo i transetti rientravano nel range registrato per i controlli compreso tra 7451 mg/kg (K3) e 23847 mg/kg (K4).

Nell'estate 2017 (4° post lavori) era stato rilevato un incremento, lieve ovunque eccetto in A8 (27749 mg/kg) e, nuovamente, in K4 (27714 mg/kg).

Nell'inverno 2018 la sostanza organica si era ridotta ovunque tranne in B5, BO SW e K4 dove era trascurabilmente incrementata. Il diffuso calo veniva confermato, nella maggior parte dei siti, anche nell'estate 2018.

Nell'inverno 2019 i tenori erano risultati leggermente più elevati lungo il transetto B rispetto ad A, e anche i siti BO posti lungo le due direttrici del transetto B avevano presentato lo stesso andamento. Nell'ultimo monitoraggio si è verificato un aumento più o

meno lieve lungo quasi tutto il transetto A, in tre siti BO e in B6, oltre che in tutti i 4 controlli. Alcuni tenori sono risultati più elevati rispetto al pre-survey, come il caso di BO NE che ha subito un incremento di oltre l'80%. Tuttavia, tale incremento è in linea con quello osservato in K2 e inferiore a quello in K3 e pertanto non è riconducibile alla presenza della piattaforma.

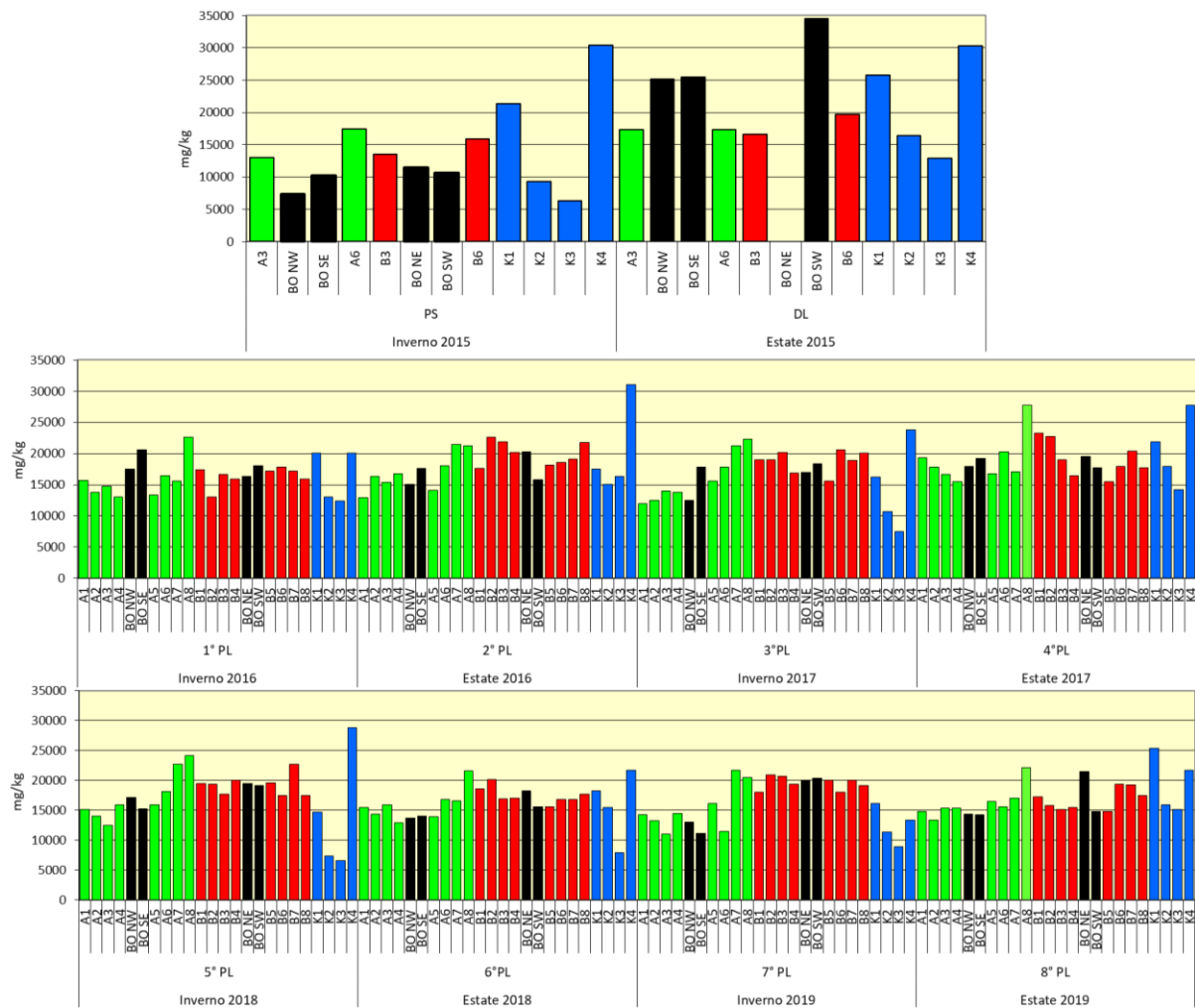


Fig. 3.39 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

Tab. 3-XII – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS Inv 2015	DL Est 2015	1° PL Inv 2016	2° PL Est 2016	3° PL Inv 2017	4° PL Est 2017	5° PL Inv 2018	6° PL Est 2018	7° PL Inv 2019	8° PL Est 2019
A1			15690	12934	11991	19278	15177	15408	14215	14756
A2			13813	16371	12473	17824	14033	14351	13254	13345
A3	13000	17300	14724	15387	14027	16607	12461	15849	11009	15351
A4			13004	16732	13808	15433	15910	12949	14464	15335
BO NW	7400	25200	17530	15101	12544	17942	17124	13697	13005	14324
BO SE	10200	25500	20626	17662	17813	19246	15269	14061	11144	14267
A5			13321	14132	15600	16773	15865	13913	16108	16411
A6	17400	17300	16444	18031	17873	20259	18119	16767	11474	15583
A7			15549	21485	21222	17084	22700	16575	21676	16994
A8			22659	21226	22295	27749	24091	21534	20423	22081
B1			17349	17632	18974	23309	19473	18551	18060	17208
B2			12991	22626	18976	22759	19388	20079	20861	15833
B3	13500	16600	16638	21847	20175	18995	17674	16947	20647	15118
B4			15897	20213	16865	16476	20019	17041	19330	15510
BO NE	11500		16382	20295	17026	19522	19508	18231	19858	21410
BO SW	10600	34500	18018	15831	18374	17689	19080	15522	20382	14755
B5			17229	18129	15538	15493	19600	15542	20028	14811
B6	15900	19700	17858	18528	20589	17980	17411	16774	18070	19373
B7			17162	19084	18897	20374	22723	16829	19985	19240
B8			15933	21743	20022	17721	17459	17633	19135	17508
K1	21300	25800	20063	17484	16265	21826	14683	18192	16114	25299
K2	9300	16400	13022	15067	10678	17964	7374	15432	11355	15867
K3	6300	12900	12434	16304	7451	14209	6538	7930	8926	15151
K4	30400	30300	20034	31043	23847	27714	28750	21661	13326	21717

3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Durante il pre-survey il TOC era stato rilevato unicamente in K4, mentre durante i lavori di installazione era apparso diffusamente presente con valori presso i siti A, B e BO confrontabili con quelli dei controlli, dove variava tra 2350 (K3) e 5330 mg/kg (K4; Tab. 3-XIII e fig. 3.40).

Nel 1° post lavori era avvenuto un diffuso decremento, anche se in alcuni siti i tenori risultavano più che doppi rispetto alla media dei riferimenti. Nel 2° post le concentrazioni avevano esibito un'impennata, raggiungendo i picchi più elevati dell'intero periodo monitorato. Tali anomalie non sono più state confermate nei survey successivi, durante i quali i tenori hanno mostrato oscillazioni del tutto compatibili con una naturale fluttuazione.

Tab. 3-XIII – Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS Inv 2015	DL Est 2015	1° PL Inv 2016	2° PL Est 2016	3° PL Inv 2017	4° PL Est 2017	5° PL Inv 2018	6° PL Est 2018	7° PL Inv 2019	8° PL Est 2019
A1			3000	3050	2500	3300	2400	3000	3930	2950
A2			3200	2120	2550	2810	2400	2580	2990	2790
A3	<loq	4200	540	3050	2480	2495	2500	2920	3110	3420
A4			1900	4850	2220	2455	2200	2540	2720	2560
BO NW	<loq	3920	3000	7710	2640	2475	2500	2730	2380	2520
BO SE	<loq	3110	1400	5080	2330	2835	2300	2580	3210	2200
A5			2300	6330	2940	2515	2300	2400	2970	2830
A6	<loq	4080	1400	3430	3210	2995	2600	3130	3360	2830
A7			1100	4120	4270	2705	3300	3690	4630	2810
A8			1700	8920	2650	4305	3500	4840	3360	3890
B1			2400	3130	2610	3255	2700	3520	4130	2630
B2			3000	3450	3200	3215	2700	2920	3340	2700
B3	<loq	3900	3100	3480	2180	2740	3300	3140	3130	2610
B4			3000	3390	1900	2755	3200	2750	3270	2020
BO NE	<loq		2800	1960	3190	2475	2900	3910	2310	2440
BO SW	<loq	4910	790	2460	2700	2460	3000	2670	2440	1880
B5			1100	8810	1920	2500	3000	2410	3400	2060
B6	<loq	3970	1600	4010	3070	3050	2900	3110	2940	3070
B7			2600	3080	2990	3235	3100	2900	4820	2730
B8			2700	3230	4350	2410	2900	3160	3040	3020
K1	<loq	4560	960	5400	2260	3525	3300	4050	2630	4600
K2	<loq	3530	470	5540	1780	2767	2200	3200	2280	2440
K3	<loq	2350	1500	6270	1940	2045	1700	1340	2370	2250
K4	1900	5330	2200	3740	3290	3560	3300	4550	4860	3270

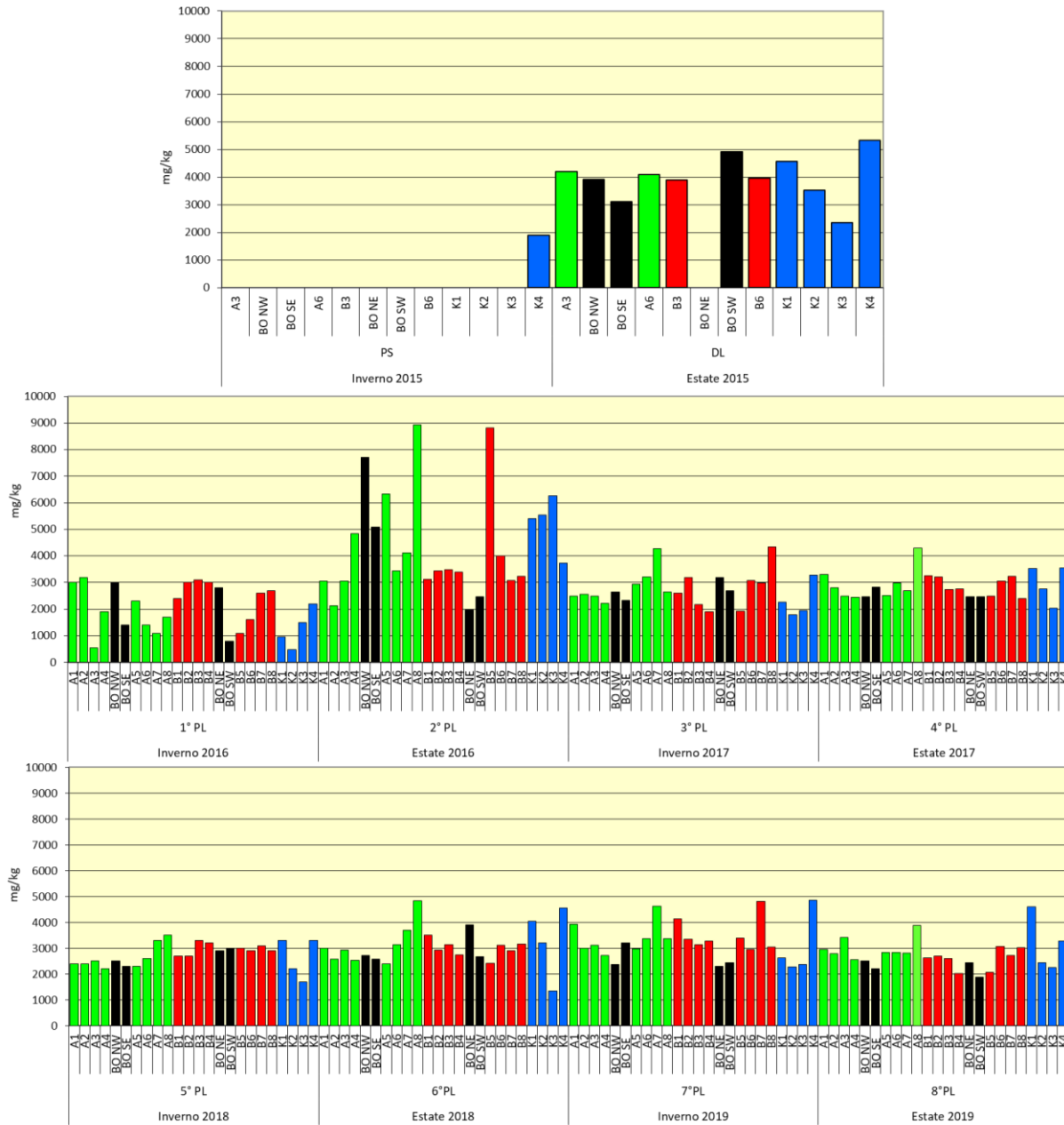


Fig. 3.40 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.4. INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC – Nell'estate 2019 il valore di EC50 con $K_2Cr_2O_7$ =13,01 mg/l (come cromo) (LC=12,55 e UC=13,55 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 ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio condotto nell'8° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XIV, contestualmente ai principali parametri (salinità e pH) misurati nell'elutriato. In nessun campione è emersa la presenza di tossicità.

Tab. 3-XIV - Parametri di contorno e risultati del saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nell'8° survey post lavori. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

campione	Salinità (‰)	pH	ΔG (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
A3	34	7,82	12,66	≥ 90	≥ 100	Assente
A4	34	7,85	21,81*	≥ 90	≥ 100	Assente
BO NW	34	7,88	22,71*	≥ 90	≥ 100	Assente
BO SE	34	7,83	14,63	≥ 90	≥ 100	Assente
A5	34	7,83	3,93	≥ 90	≥ 100	Assente
A6	34	7,82	4,37	≥ 90	≥ 100	Assente
B3	34	7,87	1,09	≥ 90	≥ 100	Assente
B4	34	7,93	3,28	≥ 90	≥ 100	Assente
BO NE	34	7,92	6,77	≥ 90	≥ 100	Assente
BO SW	34	7,95	6,99	≥ 90	≥ 100	Assente
B5	34	7,85	15,28	≥ 90	≥ 100	Assente
B6	34	7,90	6,99	≥ 90	≥ 100	Assente
K1	34	7,93	8,73	≥ 90	≥ 100	Assente
K2	34	7,92	6,55	≥ 90	≥ 100	Assente
K3	34	7,94	3,06	≥ 90	≥ 100	Assente
K4	34	7,88	1,31	≥ 90	≥ 100	Assente

Confronto con i survey precedenti – In tutto il periodo non è mai stata rilevata tossicità (Tab. 3-XV).

Tab. 3-XV – Risultati del test di tossicità eseguito con *D. tertiolecta* nei survey sinora condotti. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS Inv 2015	DL Est 2015	1° PL Inv 2016	2° PL Est 2016	3° PL Inv 2017	4° PL Est 2017	5° PL Inv 2018	6° PL Est 2018	7° PL Inv 2019	8° PL Est 2019
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A5									Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Assente	Assente
BO NE									Assente	Assente
BO SW									Assente	Assente
B5									Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.4.2. *VIBRIO FISCHERI* (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Nell'estate 2019 il valore di EC50 (15') = 10,97mg/l (LC=8,97 e UC=13,41) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – I risultati del saggio condotto nell'8° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XVI, contestualmente ai principali parametri (salinità e pH) degli elutriati. Non è stata rilevata alcuna tossicità.

Tab. 3-XVI - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* effettuato su gli elutriati dei campioni di sedimenti prelevati nell'8° survey post lavori. In rosso i siti in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Salinità (‰)	pH	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
A3	34	7,82	6,24	4,94	≥90	≥90	Assente
A4	34	7,85	2,88	3,63	≥90	≥90	Assente
BO NW	34	7,88	6,67	6,49	≥90	≥90	Assente
BO SE	34	7,83	7,25	9,22	≥90	≥90	Assente
A5	34	7,83	7,84	8,14	≥90	≥90	Assente
A6	34	7,82	3,02	2,61	≥90	≥90	Assente
B3	34	7,87	5,10	5,02	≥90	≥90	Assente
B4	34	7,93	3,26	3,33	≥90	≥90	Assente
BO NE	34	7,92	8,98	8,20	≥90	≥90	Assente
BO SW	34	7,95	5,03	5,42	≥90	≥90	Assente
B5	34	7,85	2,30	1,91	≥90	≥90	Assente
B6	34	7,90	5,03	5,80	≥90	≥90	Assente
K1	34	7,93	5,25	5,74	≥90	≥90	Assente
K2	34	7,92	7,51	7,84	≥90	≥90	Assente
K3	34	7,94	4,60	5,40	≥90	≥90	Assente
K4	34	7,88	5,00	5,27	≥90	≥90	Assente

Confronto con i survey precedenti – In tutto il periodo non è mai stata rilevata tossicità (Tab. 3-XVII).

Tab. 3-XVII – Risultati del test di tossicità eseguito con *V. fischeri* nei survey sinora condotti. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS Inv 2015	DL Est 2015	1° PL Inv 2016	2° PL Est 2016	3° PL Inv 2017	4° PL Est 2017	5° PL Inv 2018	6° PL Est 2018	7° PL Inv 2019	8° PL Est 2019
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A5									Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Assente	Assente
BO NE									Assente	Assente
BO SW									Assente	Assente
B5									Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.4.3. COROPHIUM ORIENTALE

QA-QC – Nell'8° survey post lavori di installazione la sensibilità degli organismi test verso il tossico di riferimento (CdCl_2) $\text{LC}_{50} = 3,19$ ($\text{LC} = 2,87 \text{ mg/l}$ e $\text{UC} = 3,54 \text{ mg/l}$) 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-XVIII sono riportati i principali parametri dell'acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico.

Risultati del test – E' stata rilevata una tossicità bassa esclusivamente nel sito BO SW (Tab. 3-XIX).

Tab. 3-XVIII – Parametri chimici e fisici dell’acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all’inizio e alla fine del test relativo all’8° survey post lavori. In rosso i siti della piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	14 ± 1	36	8,14	0	> 85	15 ± 1	36	8,17	1	> 85
A3		36	8,14	0			36	8,10	0-0,5	
A4		36	8,12	0			35	8,17	0	
BO NW		36	8,11	0-0,5			36	8,23	0	
BO SE		36	8,07	0			36	8,18	0,5	
A5		36	8,08	0			37	8,16	0	
A6		36	8,17	0			35	8,16	0	
B3		36	8,20	0,5			36	8,17	0-0,5	
B4		36	8,19	0			36	8,16	0	
BO NE		36	8,15	0,5			35	8,17	0	
BO SW		36	8,13	0			36	8,10	0	
B5		36	8,11	0			36	8,15	0,5	
B6		35	8,09	0			35	8,17	0	
K2		36	8,13	0,5			36	8,16	0	
K3		36	8,15	0			36	8,15	0	
K4		36	8,16	0			36	8,14	0,5	
K4	36	8,09	0	36	8,15	0				

Tab. 3-XIX - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservata nel test di tossicità acuta relativo all’8° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± incertezza)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	3 ± 0,80	0	-
A3	100	7 ± 2,00	6	Assente
A4	100	6 ± 2,31	5	Assente
BO NW	100	1 ± 0,80	0	Assente
BO SE	100	5 ± 0,80	4	Assente
A5	100	4 ± 3,27	3	Assente
A6	100	6 ± 2,31	5	Assente
B3	100	1 ± 2,00	0	Assente
B4	100	12 ± 3,27	11	Assente
BO NE	100	7 ± 2,00	6	Assente
BO SW	100	22 ± 5,16	21	Bassa
B5	100	5 ± 3,83	4	Assente
B6	100	3 ± 2,00	2	Assente
K1	100	4 ± 3,27	3	Assente
K2	100	6 ± 2,31	5	Assente
K3	100	13 ± 3,83	12	Assente
K4	100	4 ± 3,27	3	Assente

Confronto con i survey precedenti – Nell’arco dell’indagine la tossicità è sempre stata pressoché assente o quasi esclusivamente limitata ai controlli (Tab. 3-XX). Nell’inverno

2019 si era verificato un peggioramento nell'area circostante la piattaforma che aveva portato a una tossicità alta nei siti B4 e BO NE e a una tossicità media in B5. Tali condizioni non sono confermate dai dati dell'estate 2019, quando sembra si siano ripristinate le condizioni iniziali.

Tab. 3-XXX – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. orientale* nei survey sinora condotti. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS Inv 2015	DL Est 2015	1° PL Inv 2016	2° PL Est 2016	3° PL Inv 2017	4° PL Est 2017	5° PL Inv 2018	6° PL Est 2018	7° PL Inv 2019	8° PL Est 2019
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente
A5									Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Alta	Assente
BO NE									Alta	Bassa
BO SW									Assente	Assente
B5									Media	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.4.4. *CRASSOSTREA GIGAS*

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito nell'estate 2019 un valore dell' EC_{50} di 12,16 $\mu\text{g/l}$ di Cu (LC=11,46 e UC=12,90), che rientra nei limiti della carta di controllo intra-laboratorio. La percentuale media di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo ($83 \pm 1,15\%$) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio – I dati dell'estate 2019 hanno dimostrato la presenza di una tossicità diffusa che ha interessato transetti e controlli (Tab. 3-XXI). Una tossicità alta è stata riscontrata solo presso la piattaforma (BO NE) e a 30 m da essa verso SE (A5), mentre una tossicità media è stata rilevata lungo il transetto A, in B3, BO SW e K3. Altrove la tossicità è risultata bassa.

Tab. 3-XXI - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nell'8° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Concentrazione	% media di larve normali \pm dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		83 \pm 1,15	17	0			
A3	100 50 25	35 \pm 1,15 62 \pm 2,00 79 \pm 1,53	65 38 21	58 26 5	43,9	85,1	Media
A4	100 50 25	27 \pm 2,00 63 \pm 1,53 78 \pm 2,08	73 37 22	68 25 7	44,6	76,0	Media
BO NW	100 50 25	56 \pm 1,53 70 \pm 1,53 80 \pm 2,08	44 30 20	32 16 4	62,7	\geq 100	Bassa
BO SE	100 50 25	46 \pm 2,00 66 \pm 1,53 79 \pm 2,00	54 34 21	45 20 5	50,1	\geq 100	Bassa
A5	100 50 25	10 \pm 1,53 32 \pm 2,00 59 \pm 1,53	90 68 41	88 62 30	19,8	38,9	Alta
A6	100 50 25	40 \pm 1,53 67 \pm 1,53 80 \pm 2,00	60 33 20	52 20 4	50	95,4	Media
B3	100 50 25	30 \pm 2,00 75 \pm 1,00 82 \pm 0,58	70 25 18	64 10 2	61,1	86,5	Media
B4	100 50 25	52 \pm 1,53 75 \pm 1,53 82 \pm 1,00	48 25 18	38 10 2	67,8	\geq 100	Bassa
BO NE	100 50 25	0 \pm 0,00 6 \pm 2,08 46 \pm 1,53	100 94 54	100 92 45	18,3	26,4	Alta
BO SW	100 50 25	26 \pm 2,08 41 \pm 1,73 79 \pm 1,00	74 59 21	69 51 5	30,3	59,6	Media
B5	100 50 25	64 \pm 2,00 77 \pm 2,08 83 \pm 0,58	36 23 17	23 7 1	89,6	\geq 100	Bassa
B6	100 50 25	58 \pm 1,53 72 \pm 2,08 81 \pm 2,52	42 28 19	30 13 3	69,4	\geq 100	Bassa
K1	100 50 25	13 \pm 3,00 41 \pm 1,53 79 \pm 1,53	87 59 21	84 50 6	52,5	\geq 100	Bassa
K2	100 50 25	40 \pm 1,00 65 \pm 1,53 81 \pm 1,15	60 35 19	52 22 3	48,6	\geq 100	Bassa
K3	100 50 25	0 \pm 0,00 34 \pm 2,00 75 \pm 3,00	100 66 25	100 59 10	41,6	48,4	Media
K4	100 50 25	56 \pm 1,53 78 \pm 1,53 81 \pm 1,15	44 22 19	33 7 2	77,9	\geq 100	Bassa

Confronto con i survey precedenti – La tossicità ha presentato evidenti variazioni spaziali e temporali in tutti i siti monitorati, inclusi i controlli (Tab. 3-XXII). L’inverno 2019 è stato il primo survey in cui BO SE ha presentato tossicità (bassa), rilevata anche negli altri siti sotto la struttura. L’estate 2019 è risultata la stagione maggiormente impattata per quanto concerne lo sviluppo larvale dell’ostrica, soprattutto nell’area della piattaforma ma anche presso i controlli.

Tab. 3-XXII – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. gigas* nei survey sinora condotti. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

	PS Inv 2015	DL Est 2015	1° PL Inv 2016	2° PL Est 2016	3° PL Inv 2017	4° PL Est 2017	5° PL Inv 2018	6° PL Est 2018	7° PL Inv 2019	8° PL Est 2019
A3	Assente	Bassa	Media	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Bassa	Media
A4									Assente	Media
BO NW									Bassa	Bassa
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Bassa
A5									Media	Alta
A6	Assente	Media	Media	Media	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Media
B3	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Media
B4									Bassa	Bassa
BO NE									Bassa	Alta
BO SW									Bassa	Media
B5									Bassa	Bassa
B6	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Media	Bassa
K1	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Assente	Bassa
K2	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Media	Bassa
K3	Assente	Assente	Media	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Media
K4	Assente	Media	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa

3.5. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

In Tab. 3-XXIII sono riportati i parametri chimico-fisici di contorno rilevati nel corso del test condotto su *H. diversicolor* sui sedimenti prelevati nell'estate 2019. Le percentuali di mortalità degli organismi osservate nei sedimenti testati sono risultate identiche a quelle evidenziate nel controllo (Tab. 3-XXIV).

Tab. 3-XXIII - Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante il sedimento registrati all'inizio e al termine del test di bioaccumulo condotto nell'estate 2019. In rosso i siti corrispondenti alla struttura.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	19,0 ± 0,5	34	8,19	0,5	98 ± 2	19,0 ± 1,0	34	8,19	0,4	96 ± 2
A3		34	8,23	0,5			34	8,23	0,4	
A4		34	8,20	0,5			34	8,20	0,4	
BO NW		34	8,20	0,5			35	8,20	0,4	
BO SE		34	8,23	0,5			34	8,23	0,4	
A5		34	8,23	0,5			34	8,23	0,4	
A6		34	8,22	0,5			34	8,22	0,4	
B3		34	8,21	0,5			34	8,21	0,4	
B4		34	8,21	0,5			34	8,21	0,4	
BO NE		34	8,20	0,5			34	8,20	0,4	
BO SW		34	8,21	0,5			34	8,21	0,4	
B5		34	8,21	0,5			34	8,21	0,4	
B6		34	8,20	0,5			35	8,20	0,4	
K1		34	8,23	0,5			34	8,23	0,4	
K2		34	8,21	0,5			34	8,21	0,4	
K3		34	8,20	0,5			35	8,20	0,4	
K4	34	8,23	0,5	34	8,23	0,4				

Tab. 3-XXIV - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservati nel test di bioaccumulo registrate nel corso del test condotto sui sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nel corso della campagna estiva 2019. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti al sito del pozzo.

campione	Numero degli organismi esposti	% organismi morti
Controllo	20	10,0
A3	20	10,0
A4	20	10,0
BO NW	20	10,0
BO SE	20	10,0
A5	20	10,0
A6	20	10,0
B3	20	10,0
B4	20	10,0
BO NE	20	10,0
BO 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	10,0

3.5.1. RICERCA DI METALLI PESANTI

In Tab. 3-XXV 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'estate 2019, mentre la Tab. 3-XXVI mostra le differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti dei policheti dopo l'esposizione ai sedimenti testati e quelle determinate nel bianco (0').

È stato rilevato un bioaccumulo diffuso di **arsenico**, che ha interessato i quattro siti BO, il transetto B eccetto B5 e tre controlli, di **zinco** (siti BO, transetto A e 2 controlli) e di **mercurio** (3 siti del transetto A, BO SE, transetto B e 3 controlli). La presenza di **bario** in policheti testati sui sedimenti provenienti dall'area circostante Bonaccia NW e da due controlli non è esclusivamente correlabile ad essa.

Cadmio e **piombo** sono stati accumulati solo in una stazione ciascuno (B5 e BO NE rispettivamente), mentre tutti gli altri metalli hanno presentato concentrazioni inferiori al bianco o non sono stati rilevati affatto.

Tab. 3-XXV - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nell'8° survey post lavori. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi sottoposti per 28 gg a un sedimento di controllo. n.r. = non rilevabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Bianco	n.r.	6,5	n.r.	0,1	n.r.	20,1	430,4	2,9	n.r.	0,69	88,9	n.r.	130,7	0,075
Controllo	n.r.	7,8	n.r.	0,087	n.r.	19,5	435,7	2,5	n.r.	0,64	85,3	n.r.	159,2	0,088
A3	n.r.	6,8	2,0	0,09	n.r.	20,2	415,8	2,0	n.r.	0,53	90,6	n.r.	187,5	0,091
A4	n.r.	6,93	1,8	0,08	n.r.	20,7	413,8	1,9	n.r.	0,62	90,9	n.r.	186,4	0,082
BO NW	n.r.	9,0	13,8	0,08	n.r.	22,2	413,6	2,2	n.r.	0,82	87,4	n.r.	231,2	0,081
BO SE	n.r.	9,1	13,7	0,09	n.r.	22,7	423,4	2,3	n.r.	0,79	89,3	n.r.	225,0	0,091
A5	n.r.	6,8	1,5	0,07	n.r.	19,3	411,4	2,0	n.r.	0,60	90,6	n.r.	185,4	0,091
A6	n.r.	7,3	2,6	0,08	n.r.	16,6	379,7	1,8	n.r.	0,66	92,7	n.r.	168,3	0,097
B3	n.r.	8,2	3,1	0,08	n.r.	17,1	452,7	2,3	n.r.	0,66	90,9	n.r.	150,1	0,098
B4	n.r.	9,1	3,1	0,08	n.r.	16,1	431,4	2,4	n.r.	0,68	82,3	n.r.	150,1	0,098
BO NE	n.r.	8,9	13,7	0,09	n.r.	21,1	420,6	2,4	n.r.	0,88	84,9	n.r.	227,6	0,082
BO SW	n.r.	9,1	13,7	0,09	n.r.	22,2	423,0	2,8	n.r.	0,78	87,3	n.r.	214,1	0,088
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.	7,7	2,9	0,13	n.r.	16,8	423,8	2,6	n.r.	0,61	89,5	n.r.	146,1	0,100
K2	n.r.	8,9	3,5	0,08	n.r.	18,4	442,6	2,6	n.r.	0,67	81,5	n.r.	147,7	0,100
K3	n.r.	9,0	n.r.	0,08	n.r.	19,4	419,8	2,5	n.r.	0,68	70,2	n.r.	171,2	0,090
K4	n.r.	9,0	n.r.	0,07	n.r.	17,7	406,2	2,4	n.r.	0,60	79,7	n.r.	150,3	0,08

Tab. 3-XXVI - 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 evidenziati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. n.c. = non calcolabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	nc	20	nc	-13	nc	-3	1	-14	nc	-7	-4	nc	22	17
A3	nc	5	nc	-10	nc	0	-3	-31	nc	-23	2	nc	43	21
A4	nc	7	nc	-20	nc	3	-4	-34	nc	-10	2	nc	43	9
BONW NW	nc	38	nc	-20	nc	10	-4	-24	nc	19	-2	nc	77	8
BONW SE	nc	40	nc	-10	nc	13	-2	-21	nc	14	0	nc	72	21
A5	nc	5	nc	-30	nc	-4	-4	-31	nc	-13	2	nc	42	21
A6	nc	12	nc	-20	nc	-17	-12	-38	nc	-4	4	nc	29	29
B3	nc	26	nc	-20	nc	-15	5	-21	nc	-4	2	nc	15	31
B4	nc	40	nc	-20	nc	-20	0	-17	nc	-1	-7	nc	15	31
BONW NE	nc	37	nc	-10	nc	5	-2	-17	nc	28	-4	nc	74	9
BONW SW	nc	40	nc	-10	nc	10	-2	-3	nc	13	-2	nc	64	17
B5	nc	18	nc	30	nc	-16	-2	-10	nc	-12	1	nc	12	33
B6	nc	37	nc	-20	nc	-8	3	-10	nc	-3	-8	nc	13	33
K1	nc	38	nc	-20	nc	-3	-2	-14	nc	-1	-21	nc	31	20
K2	nc	38	nc	-30	nc	-12	-6	-17	nc	-13	-10	nc	15	7
K3	nc	31	nc	-20	nc	-16	6	-24	nc	-12	-2	nc	18	20
K4	nc	17	nc	-20	nc	-19	-3	-17	nc	-13	2	nc	24	20

Confronto con i survey precedenti - **Alluminio, cromo, indio e vanadio** non sono mai stati rilevati in tutti i sedimenti testati (Tab. 3-XXVII). **Cadmio, rame, ferro, piombo e silicio** sono risultati bioaccumulati nei policheti solo sporadicamente, mentre lo **zinco**, sporadico anch'esso sino al 3° anno post lavori di installazione della piattaforma, nel 4° anno ha presentato un bioaccumulo diffuso sia nell'area circostante la piattaforma, soprattutto lungo la direttrice NW-SE, sia in uno o due controlli. Il **bario**, risultato non rilevabile sino al 2018, nel 2019 è comparso esclusivamente lungo i transetti e nei siti BO in inverno e anche in due controlli in estate. Se nella prima stagione tale situazione era esclusivamente correlabile alla piattaforma, nella seconda il ruolo della struttura sembra attenuato. Infine, **arsenico e mercurio** hanno mostrato nel tempo un bioaccumulo diffuso ovunque, il primo a partire dalla fase di produzione della piattaforma, il secondo a partire dal pre-survey.

3.5.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XXVIII sono riportati i valori dei biomarker analizzati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati nelle due stagioni del 2019.

3.5.2.1 Micronuclei

Nell'estate 2019 è stata evidenziata una distribuzione di frequenze nei celomociti omogenea tra i siti investigati, compresa tra $0,8 \pm 0,2\%$ (B3, K3 e K4) e $1,0 \pm 0,1\%$ (BO SE, A6, BO NE, BO SW, B5 e B6; fig. 3.41 e Tab. 3-XXIX) analogamente all'inverno, rispetto al quale i valori sono apparsi omogenei. Quanto osservato tende ad ipotizzare una scarsa genotossicità indotta da parte della matrice ambientale testata. Le frequenze sono apparse estremamente contenute e confrontabili con i livelli di base tipici di organismi in buono stato di salute (Catalano *et al.*, 2012).

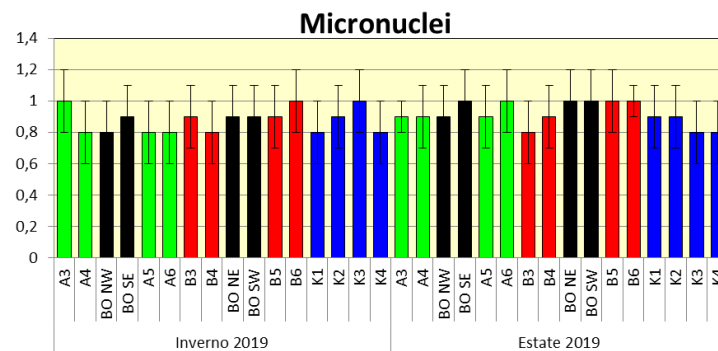


Fig. 3.41 - Valori medi (\pm dev.st.) delle frequenze di micronuclei riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati nelle due stagioni del 2019.

Tab. 3-XXIX - Analisi statistica associata alle frequenze di micronuclei riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati nell'estate 2019. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

Tab. 3-XXVIII - Risultati degli indici subletali di stress (\pm dev.st.) evidenziati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

INVERNO 2019	Unità di misura	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	K1	K2	K3	K4
Micronuclei	frequenza %	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2
Catalasi	μ mol/min/mg di prot	58,6 \pm 10,4	61,5 \pm 9,0	50,0 \pm 5,0	54,0 \pm 4,0	61,5 \pm 9,0	60,5 \pm 9,0	50,0 \pm 4,0	52,0 \pm 5,0	51,0 \pm 4,5	53,5 \pm 6,0	54,0 \pm 4,0	58,6 \pm 10,4	60,5 \pm 9,0	54,0 \pm 4,0	58,6 \pm 10,4	60,5 \pm 9,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	30,2 \pm 5,1	31,2 \pm 4,0	30,2 \pm 9,5	31,2 \pm 6,5	31,2 \pm 4,0	31,2 \pm 4,8	22,2 \pm 4,6	23,2 \pm 5,6	33,1 \pm 7,7	31,2 \pm 6,8	27,2 \pm 4,6	44,5 \pm 6,4	27,2 \pm 4,6	22,2 \pm 8,6	26,2 \pm 7,6	22,2 \pm 5,6
Stabilità lisosmiale	min	102,0 \pm 10,0	88,5 \pm 7,0	78,9 \pm 8,0	75,9 \pm 8,0	88,5 \pm 7,0	100,5 \pm 7,5	75,9 \pm 8,0	71,9 \pm 9,0	97,9 \pm 9,0	92,9 \pm 7,0	75,9 \pm 8,0	101,0 \pm 7,0	99,5 \pm 8,5	75,9 \pm 8,0	105,0 \pm 5,0	100,5 \pm 7,5
Attività mitocondriale	Intensità/ μ m ²	81 \pm 12,0	71 \pm 12,0	79,2 \pm 6,1	50,2 \pm 5,1	71 \pm 12,0	76 \pm 12,0	86 \pm 11,0	82 \pm 15,0	80,2 \pm 6,7	80,5 \pm 6,1	86 \pm 12,0	50,1 \pm 4,0	76 \pm 12,0	88,1 \pm 12,0	91,0 \pm 9,2	83,5 \pm 11,0
Metallotioneine	μ g/mg prot	20,4 \pm 2,8	14,8 \pm 3,0	30,2 \pm 2,5	27,8 \pm 1,5	14,8 \pm 3,0	12,8 \pm 3,0	11,8 \pm 1,1	10,8 \pm 2,1	29,4 \pm 5,5	26,8 \pm 1,6	14,8 \pm 2,1	21,8 \pm 1,8	10,8 \pm 0,5	11,8 \pm 1,5	12,8 \pm 2,3	7,8 \pm 1,1
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/ μ m ²	41,1 \pm 2,5	31,3 \pm 1,0	39,1 \pm 6,5	40,1 \pm 5,5	31,3 \pm 1,0	36,3 \pm 1,9	47,0 \pm 2,1	47,3 \pm 2,4	41,1 \pm 6,5	38,1 \pm 6,7	45,1 \pm 2,8	37,0 \pm 3,5	40,5 \pm 7,5	38,0 \pm 7,5	39,1 \pm 2,1	57,5 \pm 1,3

ESTATE 2019	Unità di misura	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	K1	K2	K3	K4
Micronuclei	frequenza %	0,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2
Catalasi	μ mol/min/mg di prot	55,2 \pm 10,4	66,5 \pm 9,0	55,1 \pm 5,3	59,2 \pm 4,2	62,5 \pm 9,1	61,6 \pm 9,5	57,2 \pm 4,0	57,0 \pm 8,0	56,2 \pm 4,5	57,2 \pm 6,1	65,0 \pm 12,0	65,6 \pm 12,4	61,9 \pm 10,0	59,0 \pm 8,0	59,9 \pm 11,4	61,2 \pm 11,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	31,2 \pm 7,1	32,2 \pm 5,3	35,7 \pm 8,5	34,1 \pm 6,6	36,2 \pm 7,5	33,1 \pm 5,4	30,9 \pm 5,6	29,8 \pm 7,6	33,1 \pm 8,7	33,2 \pm 8,2	31,5 \pm 6,6	34,5 \pm 6,4	37,2 \pm 7,2	32,2 \pm 7,4	36,1 \pm 6,5	33,5 \pm 7,5
Stabilità lisosmiale	min	100,0 \pm 15,5	105,4 \pm 5,5	82,5 \pm 8,0	81,5 \pm 9,0	95,9 \pm 6,5	101,5 \pm 9,1	84,9 \pm 9,5	82,5 \pm 9,0	87,5 \pm 8,5	90,5 \pm 7,5	83,5 \pm 6,5	95,5 \pm 7,5	105,5 \pm 9,5	100,5 \pm 9,0	103,0 \pm 8,0	101,5 \pm 8,0
Attività mitocondriale	Intensità/ μ m ²	71,5 \pm 10,0	72,0 \pm 11,5	60,2 \pm 6,9	71,3 \pm 5,3	73,2 \pm 13,0	75,8 \pm 11,0	81,5 \pm 11,5	84,5 \pm 14,0	76,2 \pm 7,7	81,5 \pm 8,1	83,5 \pm 13,0	75,1 \pm 4,9	73 \pm 16,5	86,1 \pm 12,8	81,0 \pm 9,9	80,2 \pm 12,0
Metallotioneine	μ g/mg prot	22,2 \pm 5,8	18,3 \pm 4,5	31,5 \pm 2,5	29,5 \pm 1,4	16,7 \pm 5,5	16,6 \pm 5,5	17,8 \pm 3,0	15,7 \pm 4,2	30,8 \pm 5,3	29,7 \pm 1,6	16,7 \pm 5,5	22,5 \pm 4,5	14,5 \pm 3,5	15,0 \pm 4,5	16,5 \pm 5,3	14,5 \pm 5,0
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/ μ m ²	11,1 \pm 2,8	15,3 \pm 2,0	11,1 \pm 7,3	32,0 \pm 5,5	21,3 \pm 2,8	25,3 \pm 2,3	17,0 \pm 3,3	17,3 \pm 2,4	11,2 \pm 6,4	18,1 \pm 6,3	15,1 \pm 2,8	27,0 \pm 5,5	11,5 \pm 6,6	18,0 \pm 7,3	19,1 \pm 5,6	17,5 \pm 6,7

3.5.2.2 Determinazione dell'attività di catalasi

L'attività di catalasi misurata nei tessuti dei policheti nell'estate 2019 è risultata compresa tra $55,1 \pm 5,3$ $\mu\text{moli}/\text{min mg}$ di proteine totali del sito BO NW e $66,5 \pm 9,0$ $\mu\text{moli}/\text{min mg}$ di proteine totali osservate in A4 (fig. 3.42). In nessun caso sono state rilevate differenze significative tra gli organismi esposti ai diversi sedimenti prelevati (Tab. 3-XXX) analogamente all'inverno 2019. Le risposte biologiche hanno evidenziato l'assenza di stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato. Esse risultano simili o inferiori a quelle riportate nella più recente letteratura inerente analoghi piani di monitoraggio presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Douhri e Sayah, 2009; Solè *et al.*, 2009; Bouraoui *et al.*, 2010).

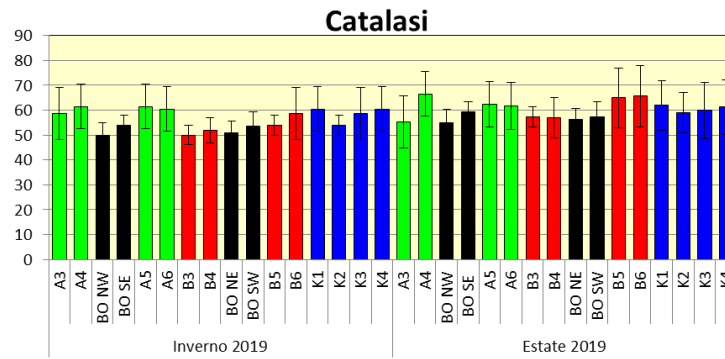


Fig. 3.42 - Attività di catalasi (μmoli di catalasi/ $\text{min}/\text{mg}^{-1}$ proteine totali estratte) associata ai tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019.

Tab. 3-XXX - Analisi statistica associata ai livelli di attività di catalasi evidenziati nei tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'estate 2019. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

3.5.2.3 Determinazione dell'attività della glutazione transferasi

L'attività della glutazione transferasi misurata nell'estate 2019 nei tessuti dei policheti è risultata compresa $29,8 \pm 7,6$ e $37,2 \pm 7,6$ nmol/min/mg di prot. (rispettivamente in B4 e in K1; fig. 3.43). In nessun caso si sono osservati incrementi significativi dell'attività di glutazione transferasi (Tab. 3-XXXI). In inverno, invece, era stato evidenziato un aumento in corrispondenza del sito B6 rispetto a quasi tutti gli altri siti. Le risposte biologiche osservate in estate indicano dunque l'assenza di stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato. Questi risultati sono simili o inferiori a quelli riportati per monitoraggi condotti presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Durou *et al.*, 2007; Douhri *et al.*, 2009; Bouraoui *et al.*, 2010).

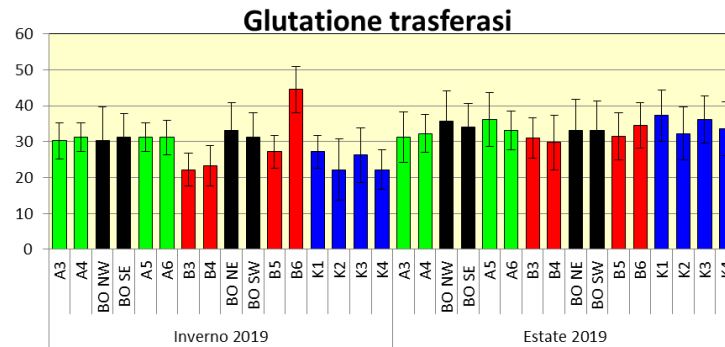


Fig. 3.43 - Valori medi dell'attività della glutazione transferasi (nmol/min/mg di prot. proteine totali estratte) associata ai tessuti di policheti (*H. diversicolor*) esposti ai sedimenti prelevati nelle due stagioni del 2019.

Tab. 3-XXXI - Analisi statistica associata ai livelli dell'attività del glutazione transferasi (nmol/min/mg di prot. proteine totali estratte) evidenziati nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'estate 2019. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

3.5.2.4 Stabilità delle membrane lisosomiali

Nell'estate 2019 sono stati registrati tempi medi di destabilizzazione delle membrane lisosomiali compresi tra 81,5±9,0 min (BONW SE) e 105,5±9,5 min (K1; fig. 3.44). Confrontando la distribuzione dei valori osservati, gli organismi esposti ai sedimenti dei siti BO NW, BO SE, BO NE e B5 hanno evidenziato una significativa diminuzione rispetto ai controlli (Tab. 3-XXXII). In inverno le riduzioni rispetto a due o tre riferimenti avevano riguardato BO SE e BO NW, B3, B4 e B5. Nel complesso i tempi di destabilizzazione osservati identificano organismi con una moderata condizione di stress risultando tuttavia simili a quelli rinvenuti in altri studi (Galloway *et al.*, 2010; Catalano *et al.*, 2012).

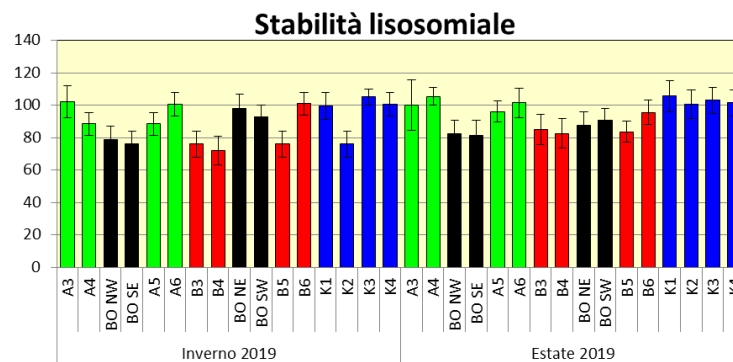


Fig. 3.44 - Valori medi dei tempi di destabilizzazione (espressi in min) e associati alla fragilità dei lisosomi dei celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019.

Tab. 3-XXXII - Analisi statistica associata ai tempi medi di destabilizzazione riscontrati nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nel corso del campionamento estivo del 2019. Test Mann-Whitney * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

3.5.2.5 Determinazione dell'attività mitocondriale

Nell'estate 2019 i livelli medi di attività mitocondriale misurati sulla base del potenziale di membrana nei celomociti dei policheti sono risultati compresi tra $60,2 \pm 6,9$ e $86,1 \pm 12,8$ Intensità/ μm^2 , osservati rispettivamente presso BO NW e K2 (fig. 3.45). Il livello di attività in BO NW è significativamente inferiore rispetto ai siti di controllo K2, K3 e K4 e a 3 stazioni del transetto B (B3, B4 e B5; Tab. 3-XXXIII). In inverno erano risultati significativamente inferiori a tutte le altre stazioni i valori riscontrati in BO SE e B6. Tali evidenze indicano una lieve diminuzione della funzionalità dei mitocondri nei celomociti degli organismi esposti ai sedimenti sopra citati. La sindrome di stress osservata verrà ulteriormente confrontata nel corso delle successive fasi di monitoraggio per stabilire la presenza di criticità ambientali.

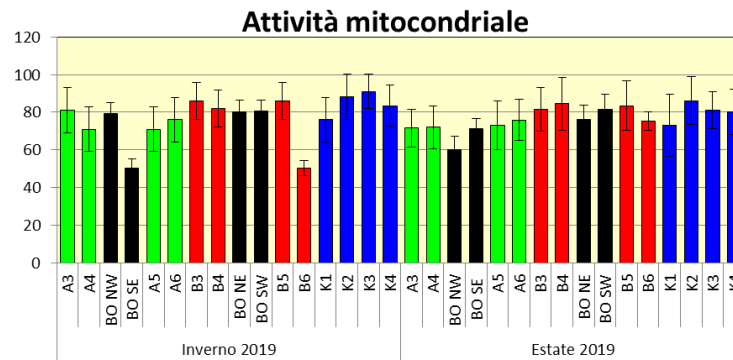


Fig. 3.45 - Valori medi di attività mitocondriale associata ai celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019.

Tab. 3-XXXIII - Analisi statistica associata ai livelli medi di attività mitocondriale associata ai celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'estate 2019. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

3.5.2.6 Livelli di metallotioneine

I livelli medi di metallotioneine nell'estate 2019 sono risultati compresi tra $14,5 \pm 3,5$ (K1) e $31,5 \pm 2,5$ $\mu\text{g MT/mg}$ di tessuto nel BO NW (fig. 3.46). Confrontando i livelli si osserva un aumento presso tutti i quattro siti della piattaforma rispetto a tutti gli altri (Tab. 3-XXXIV). Una situazione analoga era stata osservata anche in inverno, quando però anche le stazioni A3 e B6 avevano presentato concentrazioni significativamente maggiori rispetto ai controlli. I livelli medi osservati risultano confrontabili con quelli riportati per policheti presenti in aree marine soggette a moderato impatto antropico (Perez *et al.*, 2004).

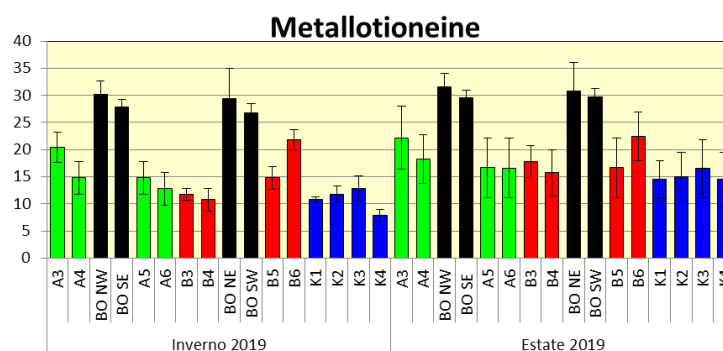


Fig. 3.46 - Valori medi di metallotioneine ottenuti nei tessuti di esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nei due survey del 2019.

Tab. 3-XXXIV - Analisi statistica associata ai livelli medi di metallotioneine associata ai celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'estate 2019. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

3.5.2.7 Valutazione dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente

La distribuzione dei livelli di composti aromatici ha mostrato valori compresi tra $11,1 \pm 2,8$ unità di densità ottica/pixel, osservati in A3, e $32,0 \pm 5,5$ unità di densità ottica/pixel dei policheti testati nel sedimento proveniente da BO SE (fig. 3.47). Quest'ultimo valore è risultato significativamente più alto rispetto a quelli ottenuti in tutte le altre stazioni eccetto A6 e B6. Gli altri siti BO e quelli posizionati lungo i transetti, nonostante delle differenze tra loro, sono tutti risultati confrontabili con almeno tre controlli (Tab. 3-XXXV). In inverno il massimo di K4 era risultato significativamente più elevato rispetto a tutti gli altri valori, ma differenze statistiche erano state evidenziate anche per alcuni siti posizionati lungo i transetti. Nel complesso, la distribuzione di valori osservata in entrambi i monitoraggi tende a ipotizzare l'assenza di accumulo di idrocarburi policiclici aromatici nei tessuti degli organismi analizzati.

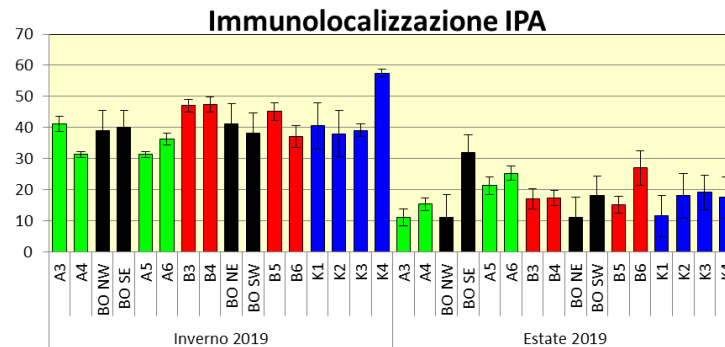


Fig. 3.47 - Valori medi (\pm dev.st.) dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente ottenuti nei tessuti dei policheti *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati nel 2019.

Tab. XXXV - Analisi statistica associata ai livelli medi composti aromatici per via immunofluorescente nei tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati nell'estate 2019. Test Mann-Whitney * $p < 0,05$; ns = non significativo.

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

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

I primi dati disponibili risalgono all'estate 2017. Nel 2016 (1° anno di produzione di Bonaccia NW), infatti, non erano stati rinvenuti esemplari di mitilo adesi alle parti sommerse della piattaforma, mentre nell'inverno 2017 ENI aveva provveduto alla pulizia dei piloni prima che venisse effettuato il campionamento. Nelle tabelle sono riportati i risultati relativi all'intero periodo di studio. A seguire verranno descritti in maniera dettagliata i risultati ottenuti per l'estate 2019, confrontati con quelli già analizzati negli stessi siti durante il periodo di campionamento dell'inverno 2019.

3.6.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI

3.6.1.1 Materia organica estratta (MOE)

Nell'estate del 2019 il contenuto di MOE nei mitili campionati presso la piattaforma Bonaccia NW è risultato inferiore rispetto a quelli di controllo, con variazioni statisticamente significative (fig. 3.48; Tab. 3-XXXVII).

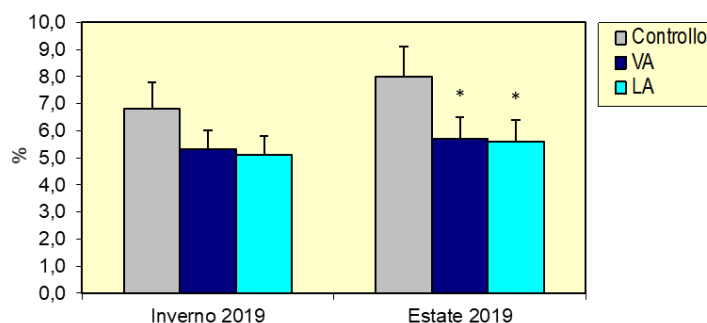


Fig. 3.48 - MOE rilevata negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

Tab. 3-XXXVI - Distribuzione della MOE (% \pm dev.st.) nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nelle stagioni di campionamento 2017-2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Controllo	VA	LA
Estate 2017	2,5 \pm 0,2	3,0 \pm 0,5	3,1 \pm 0,5
Inverno 2018	2,9 \pm 0,4	3,6 \pm 0,5	3,7 \pm 0,5
Estate 2018	3,5 \pm 0,5	4,9 \pm 0,4	5,2 \pm 0,6
Inverno 2019	6,8 \pm 1,0	5,3 \pm 0,7	5,1 \pm 0,7
Estate 2019	8,0 \pm 1,1	5,7 \pm 0,8	5,6 \pm 0,8

L'andamento osservato nell'ultimo campionamento risulta simile a quello dell'inverno 2019, quando tuttavia le variazioni rispetto al controllo non risultavano disomogenee dal punto di vista statico; in generale i livelli sono confrontabili a quelli evidenziati in analoghe indagini condotte presso altre piattaforme offshore installate nell'Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; Spagnolo *et al.*, 2021b).

3.6.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA)

Nell'estate del 2019 i livelli di IA mostrano valori al di sotto dei limiti di rivelabilità per tutti gli idrocarburi nel sito VA e per gli idrocarburi compresi tra C15 e C19, tra C21 e C22 e tra C29 e C30 nel sito LA, mentre per gli altri gruppi di idrocarburi (C20, C23-C28 e C31), le concentrazioni sono risultate misurabili e generalmente al di sotto di circa 2,5 mg/kg (fig. 3.49 e Tab. 3-XXXVII), risultando quindi pressoché basse, poco rilevanti e del tutto simili a quelle riscontrabili in tessuti di mitili provenienti da aree costiere di riferimento (Etioppe *et al.*, 2014; Benedetti *et al.*, 2014). La sommatoria degli IA effettuata escludendo dal calcolo tutti valori inferiori al LOD è infatti pari a circa 15 mg/kg, concentrazione pertanto del tutto modesta e perfettamente in linea con quelle che possono essere normalmente osservate in tessuti di organismi esaminati in aree costiere (Etioppe *et al.*, 2014; Benedetti *et al.*, 2014). Occorre tuttavia segnalare dati anomali sia per quanto riguarda la sommatoria degli IA (composti misurabili compresi tra C15 e C31), sia per gli idrocarburi totali C10-C40 nei mitili di controllo, le cui concentrazioni estive del 2019 sono risultate piuttosto elevate, ben maggiori di quelle osservate in piattaforma e che si discostano dai normali range di fluttuazione noti per organismi di riferimento.

Non è stato possibile misurare gli indici di distribuzione per VA poiché i valori di IA C15-C31 nell'estate del 2019 risultano inferiori al valore di LOD, mentre per LA è stato valutato il rapporto LMW/HMW e l'indice CPI; in questo sito l'analisi dell'abbondanza e della distribuzione dei livelli dei diversi omologhi investigati ha evidenziato un valore del rapporto LMW/HMW molto basso e pari a circa 0,3 il quale, associato a un valore di CPI inferiore all'unità (Tab. 3-XXXVIII), suggerisce il predominio di sostanze di origine naturale nella miscela di IA investigati.

Nei mitili di controllo il valore dell'indice CPI risulta particolarmente alto nell'estate del 2019 confermando l'anomalia dei livelli di IA rilevati negli organismi campionati in questa stagione.

Per quanto riguarda gli idrocarburi volatili, ovvero i composti con numero di carbonio inferiore a 10 ($C < 10$), questi hanno mostrato concentrazioni inferiori al LOD nei mitili provenienti dal sito VA e livelli pari ad oltre 4000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nei mitili provenienti dal sito LA; questo risultato può essere considerato pressoché anomalo e, considerando che è piuttosto simile a quanto ottenuto durante la campagna invernale, suggerisce la presenza di fenomeni di aumentata disponibilità che si protraggono nel tempo, aspetto che verrà valutato con attenzione successivamente. Anche in questo caso, i livelli nei mitili di riferimento sono abbastanza elevati.

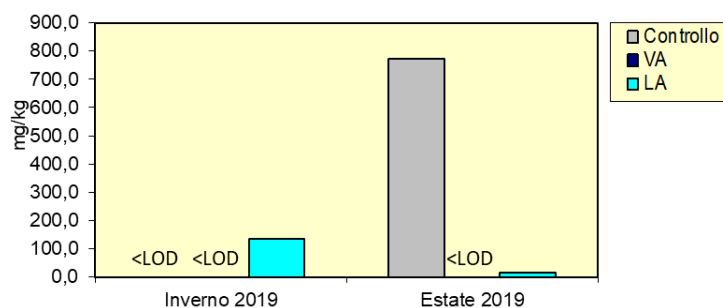


Fig. 3.49 - Concentrazioni di IA rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nella piattaforma Bonaccia NW e nel sito di riferimento durante le due stagioni di campionamento del 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Tab. 3-XXXVII – Distribuzione degli IA (mg/kg e µg/kg per C ≤ 10; ± dev.st.) rilevati nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nelle stagioni di campionamento dal 2017 al 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Estate 2017			Inverno 2018			Estate 2018			Inverno 2019			Estate 2019		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
C15	0,24 ± 0,01	0,81 ± 0,01	0,058 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C16	0,63 ± 0,03	0,36 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,72 ± 0,03	0,42 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,59 ± 0,03	0,35 ± 0,01	0,25 ± 0,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C17	0,42 ± 0,02	0,24 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,48 ± 0,02	0,28 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,39 ± 0,02	0,35 ± 0,01	0,39 ± 0,01	<1	<1	<1	12 ± 4	<1	<1
C18	0,36 ± 0,02	0,24 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,41 ± 0,02	0,28 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,52 ± 0,02	0,63 ± 0,01	0,74 ± 0,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C19	2,86 ± 0,01	1,44 ± 0,01	2,02 ± 0,01	3,28 ± 0,01	1,17 ± 0,01	2,60 ± 0,01	2,71 ± 0,01	1,41 ± 0,01	2,22 ± 0,01	<1	<1	<1	200 ± 59	<1	<1
C20	0,96 ± 0,04	0,48 ± 0,02	0,43 ± 0,02	1,10 ± 0,04	0,57 ± 0,02	0,55 ± 0,02	0,91 ± 0,04	0,47 ± 0,02	0,47 ± 0,02	<1	<1	<1	<1	<1	2,4 ± 0,7
C21	0,27 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,09 ± 0,01	<1	<1	<1	120 ± 35	<1	<1
C22	1,17 ± 0,05	0,66 ± 0,03	0,43 ± 0,03	1,34 ± 0,05	0,78 ± 0,03	0,55 ± 0,03	1,11 ± 0,05	1,79 ± 0,03	0,47 ± 0,03	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C23	0,63 ± 0,02	0,41 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,72 ± 0,02	0,48 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,59 ± 0,02	0,49 ± 0,01	0,25 ± 0,01	<1	<1	<1	140 ± 41	<1	1,2 ± 0,4
C24	5,07 ± 0,10	6,55 ± 0,10	9,11 ± 0,10	5,80 ± 0,10	7,70 ± 0,10	11,70 ± 0,10	4,81 ± 0,10	7,86 ± 0,10	10,00 ± 0,10	<1	<1	11 ± 3	<1	<1	1,9 ± 0,6
C25	0,96 ± 0,04	1,01 ± 0,03	0,33 ± 0,02	1,10 ± 0,04	1,20 ± 0,03	0,42 ± 0,02	0,91 ± 0,04	5,25 ± 0,03	1,68 ± 0,02	<1	<1	15 ± 4	110 ± 33	<1	1,8 ± 0,5
C26	2,60 ± 0,10	1,17 ± 0,04	0,92 ± 0,04	2,90 ± 0,1	1,39 ± 0,04	1,18 ± 0,04	2,47 ± 0,10	1,40 ± 0,04	1,01 ± 0,04	<1	<1	17 ± 5	<1	<1	2,1 ± 0,6
C27	0,27 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,09 ± 0,01	<1	<1	17 ± 5	<1	<1	2,0 ± 0,6
C28	0,70 ± 0,02	1,55 ± 0,02	2,15 ± 0,01	0,80 ± 0,02	1,84 ± 0,02	2,77 ± 0,01	0,66 ± 0,02	1,86 ± 0,02	2,36 ± 0,01	<1	<1	19 ± 6	<1	<1	1,3 ± 0,4
C29	5,90 ± 0,08	8,86 ± 0,04	12,14 ± 0,04	10,78 ± 0,08	12,54 ± 0,04	14,60 ± 0,04	5,60 ± 0,08	10,6 ± 0,04	13,3 ± 0,04	<1	<1	22 ± 7	2,9 ± 0,9	<1	<1
C30	0,42 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,28 ± 0,01	<1	<1	17 ± 5	26 ± 8	<1	<1
C31	0,39 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,44 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,18 ± 0,01	<1	<1	17 ± 5	160 ± 48	<1	2,1 ± 0,6
Pristano	0,31 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,21 ± 0,01	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fitano	0,17 ± 0,03	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0,02	0,35 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,17 ± 0,02	<5	<5	<5	<5	<5	<5
C ≤ 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5100 ± 1300	6700 ± 1300	6700 ± 1300	910 ± 230	<180	4100 ± 1000
C10-C40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<150	<230	310 ± 94	1000 ± 310	<80	<74
ΣIA	19,6±1,9	37,5±0,1	28,9±0,1	19,6±1,9	37,5±0,1	28,9±0,1	39,6 ± 0,1	66,4 ± 0,1	59,5 ± 0,1	<1	<1	135	770,9	-	14,8

Tab. 3-XXXVIII - Indici di distribuzione degli idrocarburi alifatici rilevati nei tessuti molli di mitili *M. galloprovincialis* prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nelle stagioni di campionamento dal 2017 al 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Estate 2017			Inverno 2018			Estate 2018			Inverno 2019			Estate 2019		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
MH	C29	C29	C29	C29	C29	C29	C29	C29	C29	n.c.	n.c.	C29	C19	n.c.	C20
LMW/HMW	0,32	0,14	0,12	0,27	0,13	0,12	0,33	0,12	0,14	-	-	0,02	0,4	-	0,3
CPI (C-15/30)	1,74	1,12	1,12	2,26	1,27	1,06	1,7	1,38	1,17	-	-	0,8	19,8	-	0,8
C17/Pristano	1,34	2,6	0,88	1,35	1,33	0,88	3,15	2,16	2,23	-	-	-	-	-	-
C18/Fitano	2,08	1,3	0,88	2,12	1,46	0,88	2,59	2,86	3,43	-	-	-	-	-	-

3.6.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Nell'estate del 2019 dei 18 congeneri di IPA investigati nessuno è risultato rilevabile nei mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW (fig. 3.50; Tab. 3-XXXIX).

Diversamente, i mitili di riferimento hanno mostrato valori misurabili, con concentrazioni di IPA totali comunque inferiori a 300 µg/Kg, pertanto rientranti nei range noti per organismi di controllo (Bocchetti *et al.*, 2008; Benedetti *et al.*, 2014).

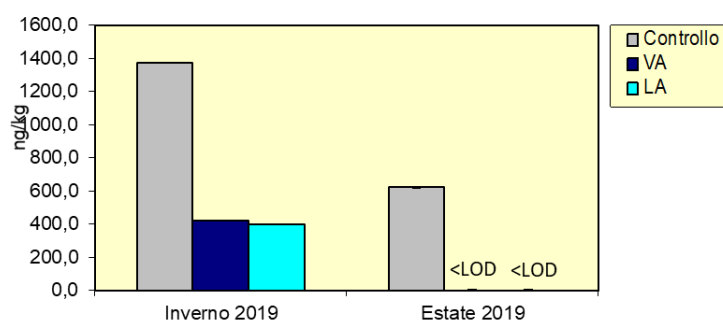


Fig. 3.50 - Concentrazioni di IPA totali rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nella piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Tab. 3-XXXIX - Distribuzione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici rilevati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nelle stagioni di campionamento a partire dal 2017 fino al 2019. Valori espressi in ng/g ps. LOD = limite di rilevabilità.

	Estate 2017			Inverno 2018			Estate 2018			Inverno 2019			Estate 2019		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Naftalene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	80 ± 28	140 ± 48	89 ± 31	69 ± 24	<16	<15
Acenaftene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	200 ± 71	280 ± 98	310 ± 110	<16	<16	<15
Acenaftilene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15
Antracene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	56 ± 20	<16	<15
Benzo (a) antracene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	62 ± 22	< 47	< 45	<16	<16	<15
Benzo (a) pirene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	210 ± 73	< 47	< 45	<16	<16	<15
Benzo (b) fluorantene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	180 ± 62	< 47	< 45	<16	<16	<15
Benzo (g,h,i) perilene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	76 ± 3	< 47	< 45	<16	<16	<15
Benzo (k) fluorantene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	150 ± 52	< 47	< 45	<16	<16	<15
Crisene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	94 ± 33	< 47	< 45	<16	<16	<15
Dibenzo (a,e) pirene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15
Dibenzo (a,h) antracene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15
Dibenzo (a,h) pirene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15
Fenantrene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	40 ± 14	< 47	< 45	67 ± 23	<16	<15
Fluorantene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	2,9 ± 2,0	<LOD	<LOD	96 ± 33	< 47	< 45	40 ± 14	<16	<15
Fluorene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	73 ± 26	< 47	< 45	<16	<16	<15
Pirene	<LOD	<LOD	<LOD	2,8 ± 2,0	2,4 ± 2,0	3,7 ± 2,0	7,8 ± 2,0	2,4 ± 2,0	4,0 ± 2,0	110 ± 39	< 47	< 45	30 ± 10	<16	<15
Σipa				2,8 ± 2,0	2,4 ± 2,0	3,7 ± 2,0	10,7 ± 2,0	2,4 ± 2,0	4,0 ± 2,0	1371	420	399	262	-	-

3.6.1.4 Metalli pesanti

Nell'estate 2019 (fig. 3.51 e Tab. 3-XL) le concentrazioni misurate possono essere considerate, in generale, perfettamente rientranti nei normali range di variazione stagionale tipici per mitili provenienti da aree costiere di riferimento o da installazioni off-shore del mare Adriatico (Fattorini *et al.*, 2008).

In questo senso non si osservano variazioni degne di nota o comunque significative tra i valori nei mitili di riferimento e quelli prelevati dai siti LA e VA. Laddove sono presenti delle piccole oscillazioni, queste sono pertanto da imputarsi verosimilmente a un differente stato del normale ciclo biologico degli organismi di riferimento rispetto a quelli dei siti di monitoraggio, che come noto è in grado di influenzare notevolmente l'andamento dei livelli di molti elementi in traccia.

In aggiunta, non si evidenziano differenze degne di nota tra i livelli ottenuti in estate 2019 e quelli invernali, benché in inverno fossero state registrate concentrazioni tendenzialmente elevate di vanadio nei mitili del sito VA, che attualmente risultano del tutto rientrate nei range di normalità, non destando pertanto alcuna preoccupazione.

Rispetto a tale quadro generale, è bene evidenziare che il bario nel 2019 è stato rilevato solo in estate in VA con una concentrazione di 5 mg/kg. Benché tale valore non sembri allo stato attuale particolarmente distante dai normali range di fluttuazione stagionale noti per i mitili (Fattorini *et al.*, 2008), probabilmente riflette una anomalia puntiforme, limitata nel tempo e nello spazio, che suggerisce tuttavia la necessità di verifiche future. Un ulteriore dato anomalo è rappresentato dal ferro in LA in estate, il quale mostra livelli molto elevati (13000 ± 3600 mg/kg) nei mitili del sito LA. Il ferro è un elemento molto abbondante nella crosta terrestre e nella colonna d'acqua, pertanto, può essere bioaccumulato a livelli piuttosto elevati nei tessuti degli organismi. Considerando che non si tratta di un elemento pericoloso, almeno entro certi limiti, generalmente le sue concentrazioni non vengono regolate nei tessuti degli invertebrati e possono accumularsi anche in quantitativi elevati. In questo senso, il risultato ottenuto in questo monitoraggio non desta particolari preoccupazioni e probabilmente riflette un fenomeno solamente episodico e puntiforme, ma suggerisce anche in questo caso la necessità di verifiche future. Non si evidenziano quindi criticità degne di nota e a conferma di ciò, per quei metalli per cui sono previsti limiti relativi al consumo alimentare (Direttiva 2001/22/CE: cadmio 1 $\mu\text{g/g}$ p.f., mercurio 0,5 $\mu\text{g/g}$ p.f., piombo 1,5 $\mu\text{g/g}$ 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), le concentrazioni misurate nei mitili di questa piattaforma sono risultate sempre più basse. Per quanto riguarda il contenuto di mercurio, i valori misurati sono inferiori anche rispetto a quello di riferimento EQS (Environmental Quality Standard), pari a 0,02 µg/g (p.f.), corrispondente a circa 0,1 µg/g (p.s.) applicando un fattore di conversione medio peso umido /peso secco pari a 5.

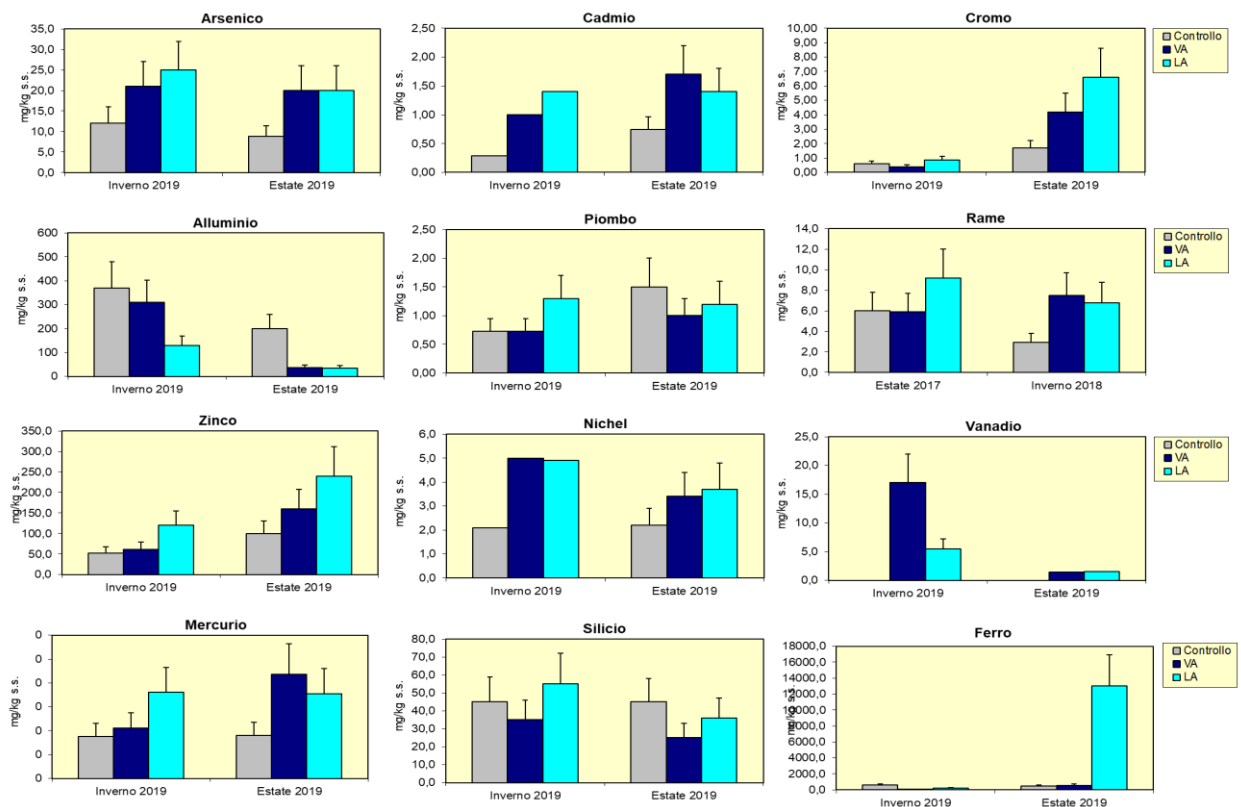


Fig. 3.51 - Concentrazioni (mg/kg p.s. ± incertezza) dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*M. galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nelle due stagioni del 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Non sono riportati i livelli indio in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque sia in inverno che in estate e i livelli di bario che è stato rilevato solo nel punto LA della piattaforma in estate con un valore di 5 mg/kg.

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

	Estate 2017			Inverno 2018			Estate 2018			Inverno 2019			Estate 2019		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
As	2,30 \pm 0,15	3,2 \pm 0,15	3,3 \pm 0,15	2,10 \pm 0,15	1,89 \pm 0,15	2,00 \pm 0,15	2,4 \pm 0,15	2,5 \pm 0,15	2,9 \pm 0,15	12 \pm 4	21 \pm 6	25 \pm 7	8,8 \pm 2,6	20 \pm 6	20 \pm 6
Cd	0,09 \pm 0,01	0,13 \pm 0,01	0,15 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	0,12 \pm 0,01	0,12 \pm 0,01	0,09 \pm 0,01	0,12 \pm 0,01	0,21 \pm 0,01	0,29	1	1,4	0,74 \pm 0,22	1,7 \pm 0,5	1,4 \pm 0,4
Cr	0,14 \pm 0,10	0,23 \pm 0,10	0,18 \pm 0,10	0,16 \pm 0,10	0,25 \pm 0,10	0,11 \pm 0,10	0,28 \pm 0,10	0,13 \pm 0,10	0,15 \pm 0,10	0,6 \pm 0,18	0,40 \pm 0,12	0,86 \pm 0,26	1,7 \pm 0,5	4,2 \pm 1,3	6,6 \pm 2
Al	10,9 \pm 0,5	567,0 \pm 0,5	25,0 \pm 0,5	10,4 \pm 0,5	614,0 \pm 0,5	43,0 \pm 0,5	36,0 \pm 0,5	84,0 \pm 0,5	7,4 \pm 0,5	370 \pm 110	310 \pm 92	130 \pm 40	200 \pm 59	37 \pm 11	35 \pm 10
Hg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0,035 \pm 0,011	0,042 \pm 0,013	0,072 \pm 0,021	0,036 \pm 0,011	0,087 \pm 0,026	0,071 \pm 0,021
Pb	0,11 \pm 0,10	0,13 \pm 0,10	0,17 \pm 0,10	0,10 \pm 0,10	< LOD	< LOD	0,12 \pm 0,10	< LOD	< LOD	0,73 \pm 0,22	0,73 \pm 0,22	1,3 \pm 0,4	1,5 \pm 0,5	1,0 \pm 0,3	1,2 \pm 0,4
Cu	0,71 \pm 0,10	0,78 \pm 0,10	0,78 \pm 0,1	0,78 \pm 0,10	0,36 \pm 0,10	0,44 \pm 0,10	0,38 \pm 0,10	0,39 \pm 0,10	0,45 \pm 0,10	6 \pm 1,8	5,9 \pm 1,8	9,2 \pm 2,8	2,9 \pm 0,9	7,5 \pm 2,2	6,8 \pm 2,0
Zn	15,0 \pm 0,5	17,0 \pm 0,5	20,0 \pm 0,5	11,4 \pm 0,5	17,6 \pm 0,5	15,0 \pm 0,5	15,3 \pm 0,5	11,6 \pm 0,5	14,2 \pm 0,5	52 \pm 16	61 \pm 18	120 \pm 35	100 \pm 30	160 \pm 48	240 \pm 71
Ni	0,29 \pm 0,10	0,57 \pm 0,10	0,47 \pm 0,10	0,28 \pm 0,10	0,25 \pm 0,10	0,24 \pm 0,10	0,38 \pm 0,05	0,73 \pm 0,10	0,58 \pm 0,10	2,1	5	4,9	2,2 \pm 0,7	3,4 \pm 1	3,7 \pm 1,1
V	0,40 \pm 0,1	4,7 \pm 0,1	3,8 \pm 0,1	0,23 \pm 0,1	0,25 \pm 0,1	0,25 \pm 0,1	0,23 \pm 0,15	0,27 \pm 0,15	1,64 \pm 0,1	< LOD	17 \pm 5	5,5 \pm 1,7	< LOD	1,4	1,5
Ba	0,32 \pm 0,10	0,57 \pm 0,10	0,67 \pm 0,10	0,18 \pm 0,10	0,44 \pm 0,10	0,22 \pm 0,10	0,18 \pm 0,10	< LOD	0,13 \pm 0,10	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	5
Si	5,2 \pm 1,0	4,7 \pm 1,0	5,3 \pm 1,0	3,8 \pm 1,0	3,2 \pm 1,0	2,1 \pm 1,0	15,9 \pm 1,0	3,7 \pm 1,0	4,8 \pm 1,0	45 \pm 14	35 \pm 11	55 \pm 17	45 \pm 13	25 \pm 8	36 \pm 11
Fe	42,0 \pm 0,5	26,0 \pm 0,5	28,0 \pm 0,5	35,0 \pm 0,5	8,2 \pm 0,5	7,9 \pm 0,5	70,0 \pm 0,5	10,1 \pm 0,5	28,0 \pm 0,5	580 \pm 170	75 \pm 23	240 \pm 73	490 \pm 150	550 \pm 170	13000 \pm 3900
In	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD

3.6.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XLI sono riportati i risultati relativi all'intero periodo di studio.

3.6.2.1 Stress on Stress

I livelli di LT50 (Letal Time al 50%) nell'estate 2019 risultano paragonabili nei mitili campionati sulla piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo, confermando l'assenza di uno stress fisiologico generale degli organismi prelevati dai piloni della piattaforma indagata (fig. 3.52); inoltre, il confronto con i risultati ottenuti nella campagna invernale del 2019 confermano un andamento piuttosto costante di questo parametro nel tempo.

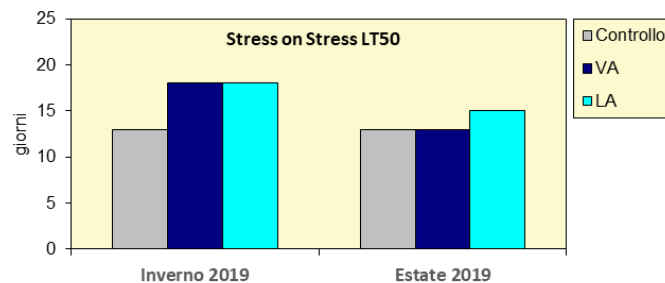


Fig. 3.52 - Tempi di sopravvivenza all'aria riscontrati negli esemplari di *M. galloprovincialis* campionati sulla piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni di monitoraggio del 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.2 Micronuclei

I risultati relativi all'estate 2019, vicino e lontano dall'anodo, comparati con quelli osservati in organismi di controllo mostrano livelli estremamente bassi di frequenza di micronuclei, senza nessuna differenza statisticamente significativa tra i tre punti di indagine (fig. 3.53). In confronto con l'inverno 2019, quando questa tipologia di danno genotossico era stato osservato esclusivamente nei mitili campionati in VA, i livelli risultano leggermente più bassi e in generale comparabili con quelli misurati in organismi provenienti da altre piattaforme offshore dell'Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; Pisanelli *et al.*, 2009).

Tab. 3-XLI - Valori medi dei biomarker (\pm dev. st.) determinati nei mitili campionati nell'intero periodo di indagine nei siti di controllo, vicino (VA) e lontano (LA) dall'anodo di sacrificio di Bonaccia NW. nd = non determinabile.

Biomarker	Unità di misura	Estate 2017			Inverno 2018			Estate 2018		
		Controllo	Controllo	VA	Controllo	VA	Controllo	VA		
Stress on Stress	LT50 (giorni)	8,8	8,5	8,9	8,5	8,9	9,2	8,5	8,9	8,0
Micronuclei	frequenza ‰	0,7 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	1,1 \pm 0,2	1,2 \pm 0,2	0,8 \pm 0,3	0,9 \pm 0,2
Lipofuscine	densità ottica / pixels ²	6453 \pm 542	7392 \pm 326	8126 \pm 530	7392 \pm 326	8126 \pm 530	8261 \pm 630	8134 \pm 326	8316 \pm 235	8792 \pm 445
Lipidi neutri	densità ottica / pixels ²	12345 \pm 1903	9382 \pm 1739	10830 \pm 1629	9382 \pm 1739	10830 \pm 1629	11298 \pm 4539	11382 \pm 1325	10830 \pm 1851	10319 \pm 1261
Stabilità lisosmiale	min	60,0 \pm 5,5	60,5 \pm 3,5	50,5 \pm 3,5	60,5 \pm 3,5	50,5 \pm 3,5	50,0 \pm 5,0	50,0 \pm 3,5	45,5 \pm 2,5	35,0 \pm 5,0
Catalasi	μ mol/min/mg di proteine	0,026 \pm 0,006	0,029 \pm 0,007	0,035 \pm 0,007	0,029 \pm 0,007	0,035 \pm 0,007	0,030 \pm 0,006	0,019 \pm 0,005	0,022 \pm 0,006	0,029 \pm 0,004
Malondialdeide	nmol Mda g ⁻¹ tessuto	45,0 \pm 12,0	33,5 \pm 10,5	40,5 \pm 8,5	33,5 \pm 10,5	40,5 \pm 8,5	39,5 \pm 8,0	29,5 \pm 11,0	28,2 \pm 10,5	31,9 \pm 9,5
Metallotioneine	μ g MT/g	70,8 \pm 20,4	65,8 \pm 15,5	111,0 \pm 10,2	65,8 \pm 15,5	111,0 \pm 10,2	115,3 \pm 9,9	70,1 \pm 17,0	90,5 \pm 8,8	112,3 \pm 14,6
qPCR _{MT10}	Induzione	1,0	1,0	2,8	1,0	2,8	3,1	1,0	1,8	3,7
qPCR _{MT20}		1,0	1,0	7,1	1,0	7,1	7,9	1,0	3,0	4,6

Biomarker	Unità di misura	Inverno 2019			Estate 2019		
		Controllo	Controllo	VA	Controllo	VA	Controllo
Stress on Stress	LT50 (giorni)	13	18	18	13	13	15
Micronuclei	frequenza ‰	0 \pm 0	0,50 \pm 0,29	0 \pm 0	0,20 \pm 0,12	0,20 \pm 0,20	0,10 \pm 0,10
Lipofuscine	intensità / μ m ²	77,57 \pm 19,48	115,88 \pm 15,46	88,82 \pm 44,1	63,5 \pm 12,5	53,8 \pm 6,7	53,9 \pm 4,6
Lipidi neutri	intensità / μ m ²	119,61 \pm 14,69	48,43 \pm 6,62	34,48 \pm 9,45	55,6 \pm 11,2	37,9 \pm 17,2	31,5 \pm 24,2
Stabilità lisosmiale	min	100,04 \pm 6,46	53,04 \pm 21,14	49,10 \pm 24,18	83,51 \pm 10,77	95,03 \pm 2,65	94,1 \pm 3,0
Catalasi	μ mol/min/mg di proteine	25,97 \pm 7,30	39,93 \pm 11,95	18,10 \pm 7,18	11,59 \pm 0,64	26,54 \pm 9,75	22,49 \pm 5,11
Malondialdeide	nmol/ g tessuto	75,1 \pm 33,42	45,28 \pm 21,74	31,60 \pm 13,82	72,7 \pm 62,4	87,5 \pm 22,1	169 \pm 65,8
Metallotioneine	μ g / mg di proteine	1,42 \pm 0,23	4,48 \pm 1,89	3,75 \pm 0,61	6,01 \pm 1,27	6,38 \pm 1,37	6,38 \pm 0,87
qPCR _{MT10}	n° copie	7604 \pm 4405	2620 \pm 2585	2890 \pm 1135	11602 \pm 3695	116959 \pm 36964	192638 \pm 30068
qPCR _{MT20}		nd	nd	nd	115 \pm 63	5747 \pm 4228	10866 \pm 9100

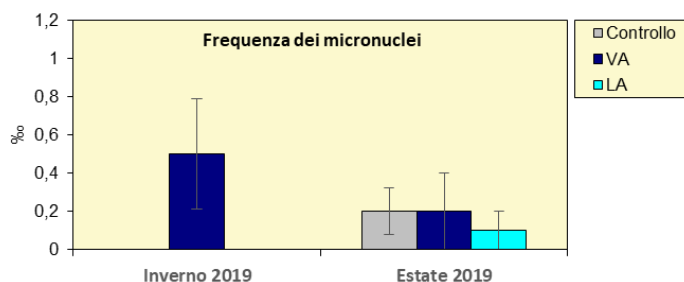


Fig. 3.53 - Frequenze medie (\pm dev.st.) dei micronuclei ottenute per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 dalle parti sommerse della piattaforma Bonaccia NW e dal sito controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscine

Per quanto riguarda l'accumulo di lipofuscina, principale prodotto della perossidazione lipidica, nell'estate 2019 i risultati evidenziano livelli del tutto paragonabili nei mitili campionati in piattaforma rispetto a quelli di controllo (fig. 3.54). Nel periodo estivo i livelli medi di lipofuscina sono leggermente più bassi rispetto a quelli campionati nel periodo invernale, dimostrando una variazione stagionale naturale di questo parametro. In generale, comunque, i livelli rilevati nei campionamenti del 2019 risultano paragonabili a quelli osservati in organismi prelevati da altri impianti offshore in Adriatico (Gorbi *et al.*, 2008; Gomiero *et al.*, 2011), e molto simili a quelli misurati in aree di riferimento (Bocchetti e Regoli, 2006).

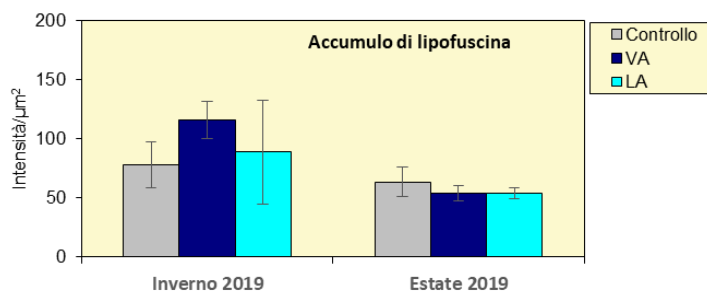


Fig. 3.54 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipofuscine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 dalle parti sommerse di Bonaccia NW e dal sito controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri

Nell'estate del 2019 i mitili campionati sulla piattaforma Bonaccia NW mostrano dei livelli generalmente bassi di lipidi neutri, paragonabili a quelli degli organismi di controllo campionati nello stesso periodo (fig. 3.55). Confrontando i risultati ottenuti negli organismi prelevati dalla piattaforma in estate con quelli della campagna invernale del 2019 non sono

emerse differenze, mentre al controllo i livelli sono stati più alti nel periodo invernale. L'accumulo di lipidi neutri è generalmente associato alla potenziale presenza di sostanze xenobiotiche, come i composti organici (es PCB, IPA, diossina) in grado di alterare il metabolismo lipidico degli organismi. Questo risultato è in linea con i livelli di IPA totali che negli organismi di controllo campionati in inverno erano stati bioaccumulati in maniera significativa; tuttavia, come molte altre risposte biologiche, anche l'accumulo di lipidi neutri è soggetto a variazioni stagionali, con conseguenti fluttuazioni nei livelli basali (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012; Gomiero *et al.*, 2015).

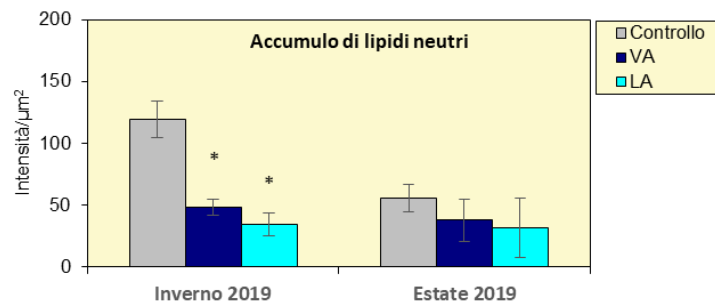


Fig. 3.55 - Accumulo di lipidi neutri (media ± Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Gli asterischi indicano differenze statisticamente significative rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0.05$).

3.6.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali

I risultati estivi del 2019 relativi alla stabilità delle membrane lisosomiali misurata attraverso il tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (fig. 3.56), sono stati del tutto simili in piattaforma e nel controllo, con tempi di destabilizzazione delle membrane lisosomiali intorno a 100', paragonabili a quelli di organismi prelevati in aree costiere di riferimento (Petrovic *et al.*, 2004; Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008).

Per questo parametro si nota quindi un generale miglioramento nell'estate 2019 rispetto alla campagna invernale dello stesso anno, quando i mitili campionati sulla piattaforma mostravano livelli di ritenzione del rosso neutro statisticamente più bassi di quelli degli organismi di controllo.

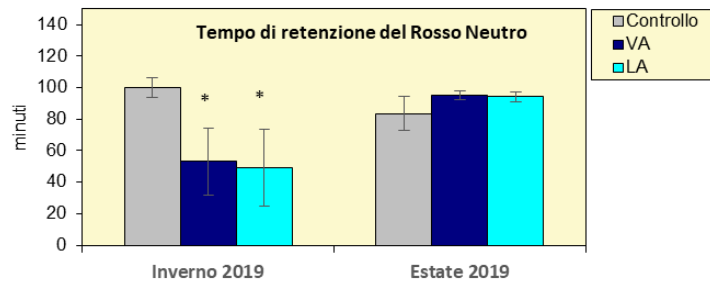


Fig. 3.56 - Valori medi (\pm dev.st.) dei tempi di destabilizzazione ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 dalle parti sommerse di Bonaccia NW e dal sito di controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

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. Nell'estate del 2019 i livelli di attività di questo enzima sono risultati indotti nei mitili prelevati sulla piattaforma rispetto a quelli di controllo con variazioni statisticamente significative (fig. 3.57). Questi risultati rafforzano il trend già osservato nell'inverno 2019, quando i mitili prelevati da VA mostravano l'attività della catalasi mediamente più alta di quella degli organismi di controllo, anche se con variazioni non statisticamente significative. I risultati suggeriscono una particolare suscettibilità di questo biomarker nei campioni della piattaforma, anche se in generale i valori misurati, anche per questo parametro, rientrano in un range di variabilità che non necessariamente suggerisce un effetto legato alla contaminazione da parte delle attività della struttura (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

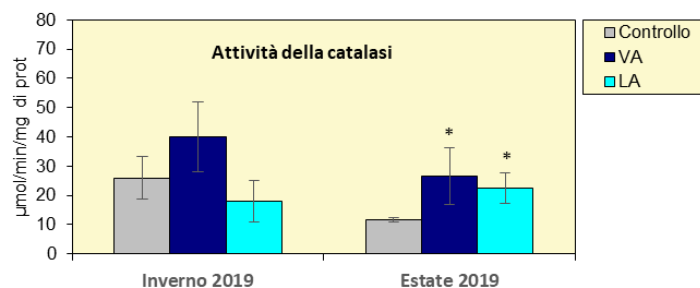


Fig. 3.57 - Valori medi (\pm dev.st.) dell'attività della catalasi ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 sulla piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.7 Livelli di Malondialdeide

Per quanto riguarda la malondialdeide, nei mitili campionati nell'estate 2019 sono stati rilevati livelli piuttosto variabili nei diversi siti, come testimoniato dalle alte deviazioni standard misurate in particolare nei mitili di controllo e del sito LA. Livelli medi più alti di questo prodotto di perossidazione lipidica sono stati riscontrati nei mitili prelevati sulla piattaforma Bonaccia NW rispetto ai mitili di riferimento, anche se le differenze non risultano mai statisticamente significative (fig. 3.58).

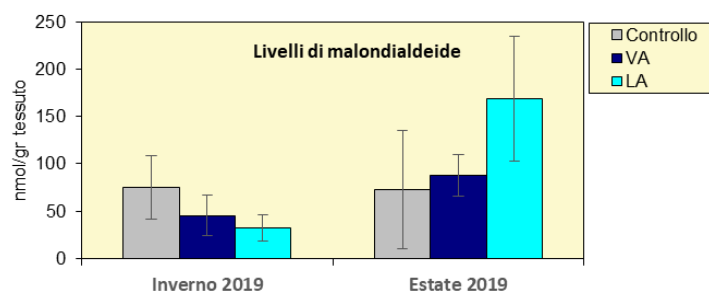


Fig. 3.58 - Contenuti di malondialdeide (media \pm Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal controllo nelle due stagioni del 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

In generale in estate i livelli di malondialdeide riscontrati nei mitili provenienti da LA sono risultati superiori rispetto a quelli osservati nell'inverno dello stesso anno, ma nel complesso sempre paragonabili a quelli riscontrati in organismi del medio Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

3.6.2.8 Livelli di Metallotioneine

Nell'estate 2019 i livelli medi di metallotioneine risultano comparabili tra piattaforma e controllo, contrariamente a quanto osservato nell'inverno dello stesso anno quando il contenuto di metallotioneine, registrato in entrambi i siti di Bonaccia NW, era risultato significativamente maggiore rispetto a quello del riferimento (fig. 3.58). Nonostante queste differenze, i valori risultano sempre 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).

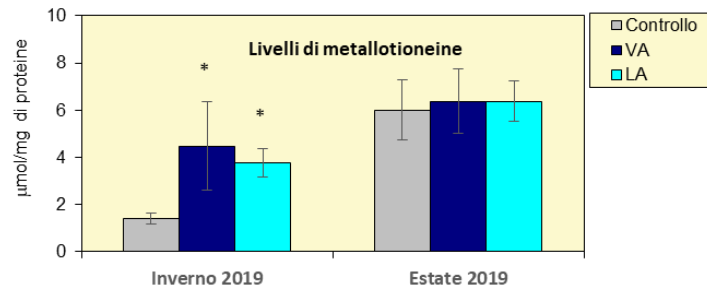


Fig. 3.58 - Valori medi (\pm dev.st.) di metallotioneine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati durante le campagne di campionamento del 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.9 Livelli mRNA delle metallotioneine MT₁₀ e MT₂₀

In questo studio è stata analizzata la quantificazione delle due sequenze geniche MT₁₀ e MT₂₀, responsabili della sintesi delle proteine metallo-chelanti metallotioneine (Dondero *et al.*, 2005). Le due isoforme di metallotioneine investigate sono rappresentate dall'isoforma costitutiva (MT₁₀) e da quella inducibile (MT₂₀) in condizioni di esposizione a metalli pesanti (Canesi *et al.*, 2007). L'espressione del gene MT₁₀ è correlata all'omeostasi di cationi tipicamente essenziali allo sviluppo e alla corretta funzionalità cellulare nel mitilo quali Ca, Mg, Zn, Fe e, in piccole quantità, Cu. Diversamente, l'isoforma MT₂₀ viene indotta in presenza di cationi non essenziali quali As, Be, Cd, Cs, Hg e Pb (Banni *et al.*, 2007)

I risultati ottenuti nell'estate del 2019 evidenziano un'induzione statisticamente significativa di entrambe le isoforme nei mitili della piattaforma Bonaccia NW rispetto a quelli di controllo (fig. 3.60); questi risultati potrebbero da un lato essere in linea con alcune concentrazioni più alte di metalli essenziali e metalli pesanti osservate nei mitili della piattaforma, pur non in modo significativo rispetto al controllo; tuttavia, i livelli rilevati risultano in generale piuttosto bassi e all'interno di normali fluttuazioni biologiche caratteristiche degli organismi bioindicatori utilizzati in questo studio.

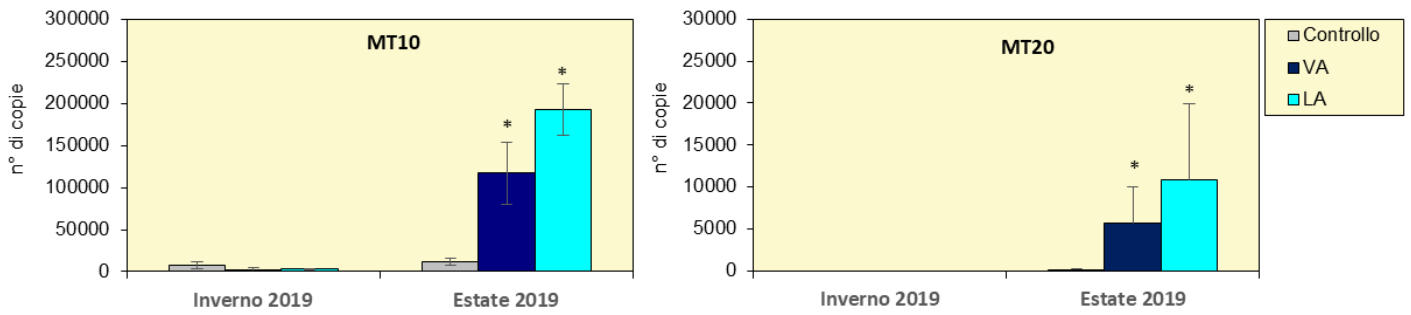


Fig. 3.60 - qPCR rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nei due survey del 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.7. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.7.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

Nell'estate 2019 i maggiori valori di Densità lungo entrambi i transetti sono stati ottenuti in corrispondenza di uno o entrambi i siti della piattaforma (fig. 3.61), dove l'indice è oscillato tra $185,50 \pm 6,72$ (BO SE) e $442,50 \pm 40,35$ ind/0,095 m² (BO NW). Eccetto BO NE e BO NW, tutte le altre stazioni nell'area circostante Bonaccia NW hanno presentato valori all'interno del range dei controlli, compreso tra $95,50 \pm 5,00$ (K1) e $172,50 \pm 12,27$ ind/0,095 m² (K2).

La maggiore densità di individui a ridosso della struttura è stata osservata per la prima volta nel 3° survey post lavori di installazione, e ha raggiunto il massimo assoluto nell'estate 2018 (6° post lavori) in BO SE ($706,83 \pm 333,56$ ind/0,095 m²), valore determinato principalmente dai numerosissimi esemplari del polichete *Filograna* sp rappresentanti oltre il 50% del popolamento e ritrovati adesi a gusci di bivalvi. Una densità così elevata non è stata mai più raggiunta.

Come riscontrato in tutti i campionamenti condotti dopo l'installazione di Bonaccia NW, anche nell'8° survey post lavori i policheti della famiglia Paraonidae hanno costituito il taxon più abbondante in tutta l'area indagata, seguiti in numerose stazioni dai policheti *Aphelochaeta filiformis*, *Paradiopatra calliopae* e *Ophelina cylindricaudata* (All. C). In corrispondenza dei siti BO sono state confermate alcune peculiarità determinate da quantitativi degni di nota dei molluschi bivalvi *Anomia ephippium* e *Neopycnodonte cochlear*, che sono organismi tipici di substrati rocciosi, comparsi già all'inizio della fase di produzione di Bonaccia NW ma in modo consistente a partire dal 2° anno post lavori.

Per quanto riguarda la Biomassa (fig. 3.62; All. D), in generale anche nell'ultimo monitoraggio sono stati registrati valori molto bassi ma, come come in tutta la fase di produzione della piattaforma, anche nell'estate 2019 sono stati rilevati dei picchi, di cui i più evidenti in BO NW, B2 e B7 ($15,67 \pm 3,49$; $6,97 \pm 6,64$ e $6,15 \pm 5,64$ gr/0,095 m² rispettivamente), determinati nel primo caso dall'ostreide *N. cochlear* e negli altri due dall'echinoideo *Brissopsis atlantica mediterranea*, entrambe specie di grandi dimensioni.

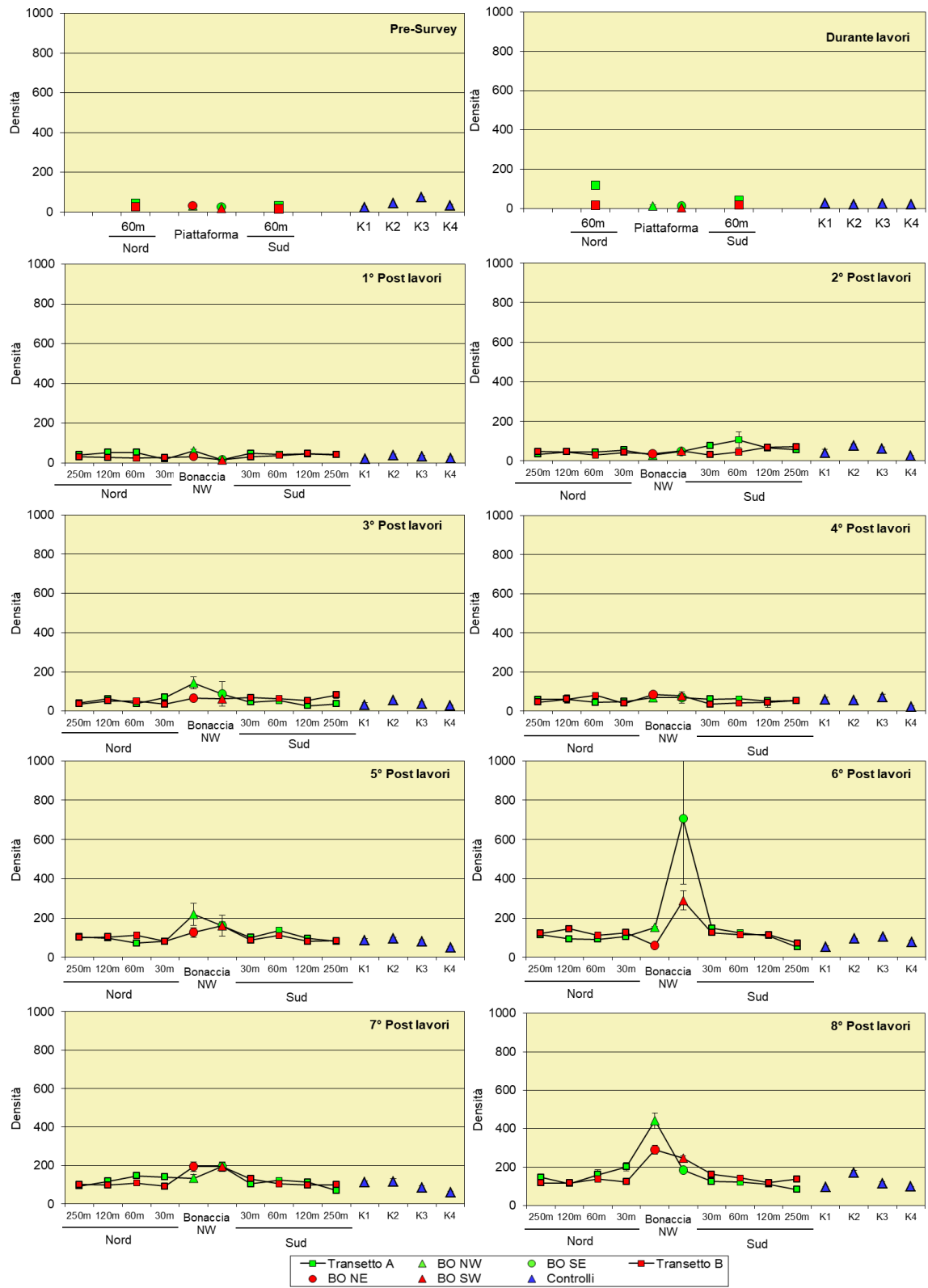


Fig. 3.61 – Densità (\pm e.s.) registrate nell'intero periodo di indagine.

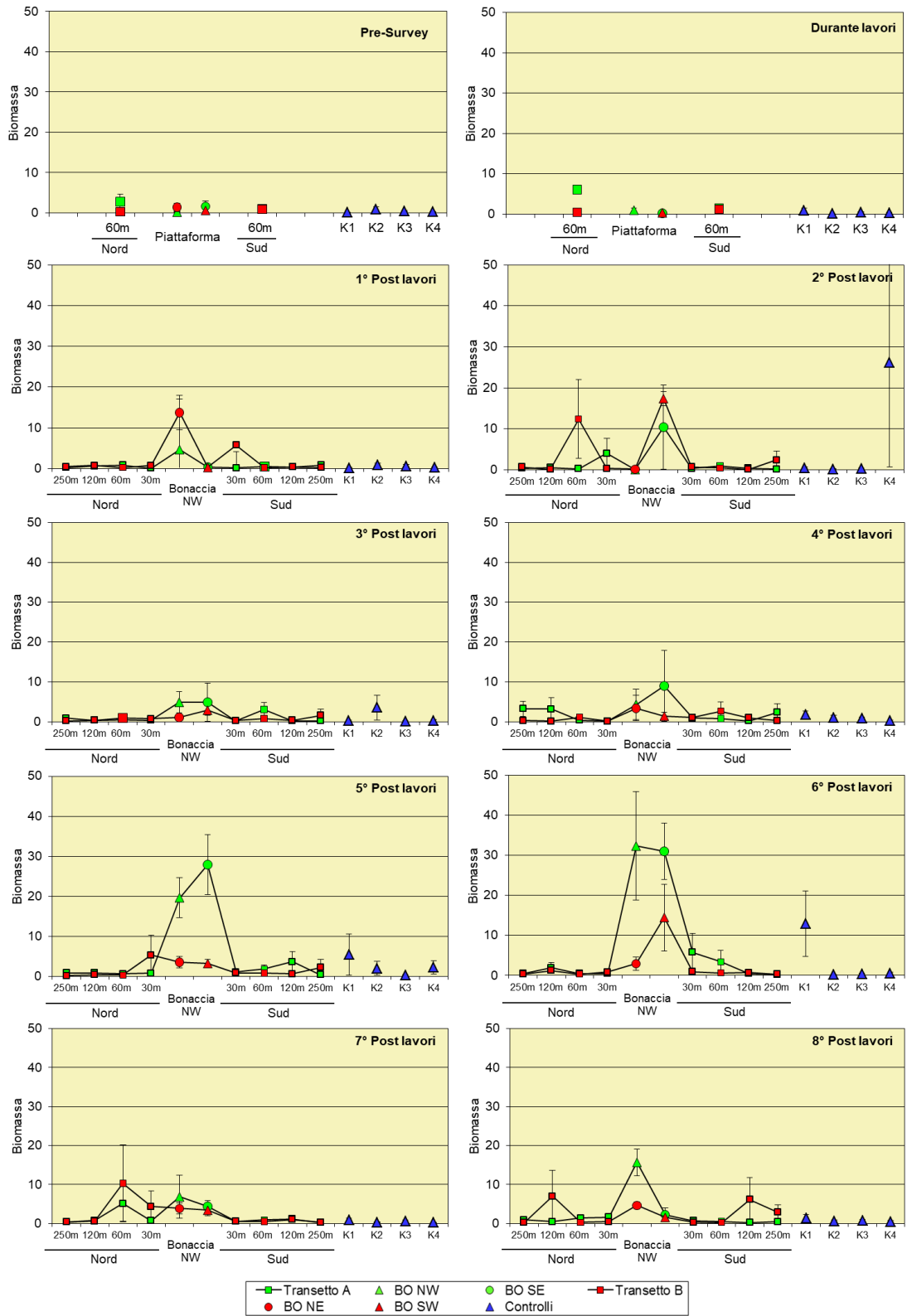


Fig. 3.62 – Biomassa (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo di indagine.

3.7.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Si ricorda che tale descrizione si riferisce esclusivamente ai taxa determinati a livello di specie.

Analogamente a quanto osservato sin dall'inizio del monitoraggio della piattaforma Bonaccia NW, i popolamenti bentonici rinvenuti nell'estate 2019 sono risultati prevalentemente composti da taxa tipici di fondo mobile e, in particolare, da organismi limicoli (Lim; Tab. 3-XLIIa e 3-XLIIb), seguiti dagli indicatori di materia organica nel sedimento (MO) e/o sabulicoli (Sab) e/o misticoli (Mixt; Tab. 3-XLIIa). In corrispondenza di Bonaccia NW degni di nota sono anche i taxa tipici dei substrati rocciosi (Sd) e a larga ripartizione ecologica (Lre), tra i quali è presente un discreto numero di specie ecologicamente legate ai fondali duri, come ad esempio *A. ephippium* e *M. galloprovincialis*. Questi organismi sono stati rilevati sin dall'entrata in produzione di Bonaccia NW, e sono andati incrementando numericamente sino all'inverno 2019, seppure con un'interruzione nel 4° post lavori (fig. 3.63).

Anche in termini di numero di individui i Lim sono apparsi i meglio rappresentati ovunque praticamente sempre (Tab. 3-XLIIb), ma in prossimità di Bonaccia NW a partire dal 3° survey post lavori di installazione in uno o più siti i taxa Sd o Lre sono stati rappresentati da un numero cospicuo di organismi. Nell'ultimo campionamento, ad esempio, in BO NW hanno prevalso numericamente gli Sd per l'elevata presenza di *N. cochlear*.

Tab. 3-XLII – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nell'intero periodo 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 all'All. C.

	Transetto A				Transetto B				Controlli			
	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
Pre-Survey												
Sm												
Lim, VTC, VB	12	12	15	15	8	11	9	9	11	15	13	12
Sab, SFBC		1	1	3	1	2				1	2	
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	2	2	3	1	1		2		1	1	3	1
Minut						1	1				1	1
MO	6	4	4	6	4	5	6	5	6	5	6	6
AP, C, HP, Sd	3	1	1	1			1				1	2
Lre	2	2	1		1	1	1	1	1	2	3	2

	Transetto A				Transetto B				Controlli			
	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4
Durante lavori												
Sm												
Lim, VTC, VB	14	2	6	13	10							
Sab, SFBC	2			2					2	1	2	1
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	2	1	2	2	1				1	1	1	1
Minut	1											
MO	5	3	2	4	5				1	3	4	4
AP, C, HP, Sd	1											
Lre	2			2							1	

Tab. 3-XLII – Continuo.

a)	Transetto A										Transetto B								Controlli						
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
1° Post lavori																									
Sm																									
Lim, VTC, VB	12	12	15	5	6	5	8	7	10	15	9	10	4	9	6	9	8	8	14	7	10	10	14	7	
Sab, SFBC	4	1	2	1	3	2	2	1	2	2	1	2	3	2	3		2		2		1		2		
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	1		2	2	5	1	1	1							1	1	2	1	1	2					
MI					1		1									1				1					
Minut		1			1		1												1			1	1		
MO	4	5	5	5	6	3	6	5	3	4	3	3	3	4	4	2	5	4	5	4	3	4	5	2	
AP, C, HP, Sd	1	1	1	1	4	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1			1			
Lre	1	1	4		1	1	1	1	1	1	1				1	2	2	1	1	1		1	2		
2° Post lavori																									
Sm																									
Lim, VTC, VB	8	11	13	13	8	11	11	13	12	12	11	12	12	10	8	12	8	9	9	11	9	9	12	10	
Sab, SFBC		2	2	3	2	3	4	3	3	1	2	1		2	3	3	1	2		2	3	1	3	2	
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	1			3	2	2	2	2		2				1	1	4		1	1					1	
MI	1	1			1				1						1	1	1		1						
Minut	1		1	1	1	1	1		1			1			1	1	1	1	1			1	1	1	
MO	5	5	4	5	3	6	5	5	5	5	4	3	4	4	5	4	3	2	5	4	4	5	6	4	
AP, C, HP, Sd		1	1	2	1	3	3	4	1	1		1		1	3	5			1	1	1	2		1	
Lre	1				1	1	1	3	1	1	2	1	1	2	4	3		1	1	1		1	1		
3° Post lavori																									
Sm																									
Lim, VTC, VB	13	15	13	16	20	9	15	13	8	10	8	14	9	9	16	15	15	16	12	12	11	14	11	9	
Sab, SFBC	1	3	3	2	4	2	1	3		3	2	2	1	1	7	5	5	3	2	2	3	6	1	3	
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	3	3	3	3	4	7	2	1	3		2	2	2	2	4	4	3	2		4	1	2	1		
MI		1			1	1	1					1			1		1		1					1	
Minut		1	1		1	1	1					1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
MO	6	6	1	7	4	1	7	4	3	4	5	6	4	4	4	8	8	6	5	6	4	4	5	4	
AP, C, HP, Sd	1	1	5	3	9	9	3	1			1	2	1	3	8	5	3	2	1		1	3	2		
Lre	2	3	3	3	6	4	3	2		1	1	2	1	2	6	4	3	3	1	2	1	2	3	1	
4° Post lavori																									
Sm																									
Lim, VTC, VB	16	14	11	11	18	17	16	11	11	12	11	11	14	10	11	13	8	15	10	14	14	14	18	8	
Sab, SFBC	2	4		4	4	1	5	1	3	2	2	3	1	3	5	5	2		2	1	2		5		
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	1	3	1	4	5	1	5		2	2	2		2		5		1	1	2		4	1	4	1	
MI					1																				
Minut		1	1	1	1	1					1	1			1					1					
MO	6	6	5	5	6	6	5	5	3	6	5	5	6	4	6	6	5	7	5	4	5	5	6	2	
AP, C, HP, Sd			1	5	3	5	3	2		1		1			5	4	1		1		3	1	2		
Lre	2	1	1	4	5	5	3	1		1	2	1	1		5	7	2	2		1	2	1	2	1	
5° Post lavori																									
Sm																									
Lim, VTC, VB	19	14	16	23	23	26	25	28	17	17	16	17	17	20	18	25	18	19	19	14	19	21	21	14	
Sab, SFBC	3	2	1	2	5	6	6	6	6	5	5	4	5	3	8	8	5	5	5	5	4	4	5	3	
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	1	2	3	6	5	12	6	7	5	5	5	6	3	5	8	8	5	5	2	4	5	5	3	3	
MI				1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1		1			1		
Minut	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1		1			
MO	6	5	7	6	6	8	7	8	5	8	6	5	7	6	7	6	6	6	5	8	7	8	9	4	
AP, C, HP, Sd	1	1	2	10	9	12	5	6	1	3	1	1	1	2	9	13	2	2	2	2	2	1	1	1	
Lre	1	3	1	5	6	8	3	4	1	2	2	1	2	3	8	9	4	4	2	1	3	2	1	1	
6° Post lavori																									
Sm																									
Lim, VTC, VB	20	20	18	18	31	24	30	26	20	17	21	21	21	22	13	28	18	20	21	18	20	20	21	17	
Sab, SFBC	3	1	1	3	7	7	6	6	4	6	5	5	5	4	1	6	7	6	9	6	2	3	3	4	
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	2	2	2	7	7	11	6	7	4	2	2	5	5	7	8	9	4	5	2	4	3	5	4	5	
MI				1	1	1		1				1			1	1									
Minut	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1		1	1	1	1		1	1		1	1		
MO	7	4	7	6	6	6	7	6	5	5	6	6	6	8	4	5	7	8	5	7	7	7	8	6	
AP, C, HP, Sd	2	0	2	6	12	15	6	2	4	2	2	2	2	5	10	15	3	1	3	1	1	2	3	2	
Lre	1	2	1	3	6	10	3	4	2	1	2	2	3	5	7	8	4	1	1	1	2	1	2	3	

Tab. 3-XLII – Continuo.

a)

7° Post lavori	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Sm			1				1					1				1						2		
Lim, VTC, VB	23	25	28	29	27	27	25	23	24	20	20	23	26	23	26	29	27	28	21	21	29	21	25	17
Sab, SFBC	3	5	6	5	9	7	4	6	9	2	5	4	4	5	9	9	6	5	4	3	7	5	7	3
Glir					1																			
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	2	7	7	7	7	10	9	4	5	5	6	6	6	5	13	12	4	8	2	2	8	8	3	8
MI				1	1		1					1		1			1	1	1					1
Minut			1	1	1	1	1		1		1	1	1	1			1	1		1		1		1
MO	4	8	6	8	6	8	7	7	7	6	8	5	8	6	5	5	6	7	6	6	8	7	7	6
AP, C, HP, Sd	1	4	8	8	14	15	5	2	4	2	4	3	2	5	20	18	6	2	1	3	4	7	2	2
Lre	3	4	3	6	8	9	5	5	2	2	3	1	4	6	9	9	4	4	1	3	4	2	4	3

8° Post lavori

8° Post lavori	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Sm	1		1	1	2		1	1				1	1	1	1	1	1			1		1	1	1
Lim, VTC, VB	25	24	27	32	37	21	24	31	21	21	17	27	18	21	30	34	25	25	23	27	18	22	25	23
Sab, SFBC	6	8	11	8	14	5	6	7	6	3	6	7	8	6	12	12	8	7	4	9	8	6	10	5
Mixt, DC, DE, DL, DM, SGCF, SVMC	9	5	12	8	19	9	5	3	3	1	4	7	4	5	13	12	5	2	4	5	7	8	10	5
MI	1	1	1	1	1	1	1	1		1		2		1	1	1	2						1	1
Minut	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1		1	1	1
MO	5	4	5	7	10	4	7	5	6	6	6	8	5	7	4	7	7	7	7	7	5	8	7	4
AP, C, HP, Sd	3	4	8	8	18	13	4	3	1	2	2	3	2	6	12	11	7	4	1	4	3	6	5	3
Lre	3	3	6	6	11	6	5	4	4	2	4	4	3	5	10	10	4	5	4	3	3	2	4	4

b)

Pre-Survey

Pre-Survey	Transetto A				Transetto B				Controlli				
	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	
Sm													
Lim, VTC, VB	19,00	14,33	13,00	12,33	11,00	11,56	8,33	9,67	10,67	18,33	25,33	18,33	
Sab, SFBC		0,33	0,33	1,00	0,33	0,78				1,00	0,67		
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	0,67	1,67	1,33	0,33	0,33		1,00		0,33	0,33	1,33	0,33	
Minut						0,33	0,33			0,33	0,33		
MO	9,67	5,33	3,67	5,33	4,33	2,89	4,33	2,33	8,00	11,33	15,00	4,00	
AP, C, HP, Sd	1,33	0,67	0,33	0,67			0,33			3,33	1,00		
Lre	0,67	0,67	0,33		0,33	0,67	0,67	0,33	0,33	1,00	4,67	1,00	

Durante lavori

Durante lavori	Transetto A				Transetto B				Controlli				
	A3	BO NW	BO SE	A6	B3	BO NE	BO SW	B6	K1	K2	K3	K4	
Sm													
Lim, VTC, VB	16,33	3,33	4,00	18,33	7,67	Non campionata		3,00	6,67	15,00	10,00	11,33	11,00
Sab, SFBC	1,33			1,00						0,67	1,00	1,00	0,33
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	74,00	5,67	1,67	3,00	0,33			0,67	5,33	0,33		0,33	0,33
Minut	0,33												
MO	7,33	1,00	1,67	2,67	3,00			0,33	1,33	3,00	2,67	2,33	3,33
AP, C, HP, Sd	0,33												
Lre	0,67			1,00								0,67	

1° Post lavori

1° Post lavori	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Sm																								
Lim, VTC, VB	13,00	13,33	10,33	1,67	5,33	3,33	9,67	8,33	13,67	7,67	6,33	8,33	3,67	6,33	4,33	4,00	5,00	10,00	12,33	11,33	6,33	13,33	10,00	4,00
Sab, SFBC	1,33	0,33	1,00	0,33	3,00	1,33	2,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	1,00	1,33		1,00		1,33		0,33		1,00	
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	0,33		0,67	0,67	1,67		0,33		0,67						0,33	0,33	2,33	0,33	0,33	0,67				
MI					0,67		0,33									0,33				0,33				
Minut		0,33			1,00			0,33											0,33			0,67	0,33	
MO	5,67	8,00	6,00	3,33	7,00	2,33	8,67	6,00	4,00	4,67	4,67	5,00	4,33	3,67	5,33	1,00	5,00	4,00	8,33	7,00	1,00	5,67	5,33	1,67
AP, C, HP, Sd	0,33	0,33	0,33	1,00	1,67	1,00	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	1,33	0,33	0,33	1,00	1,33	1,33	0,33	0,33		0,67			
Lre	0,33	0,33	1,67		0,67	0,33		0,33	1,33	2,67	0,33				0,33	0,67		1,33	0,67	1,33	0,67	1,33		

2° Post lavori

2° Post lavori	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Sm																								
Lim, VTC, VB	12,00	14,33	11,67	13,00	6,33	5,67	14,33	19,00	21,00	13,67	19,67	16,33	8,00	8,33	6,00	8,67	7,00	15,33	15,67	22,33	10,00	24,33	23,33	8,00
Sab, SFBC		1,33	2,00	5,00	3,67	9,33	7,67	9,33	3,00	0,33	0,67	0,67		1,33	2,00	2,33	0,33	1,33		1,00	2,00	0,33	1,00	1,00
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	1,00			1,00	0,67	0,67	0,67	1,00		0,67		0,67		0,33	0,67	1,33		0,33	0,33		0,67			0,67
MI	0,33	0,33			0,67										0,33	0,33	0,67			0,67				
Minut	0,33		0,33	0,67	0,67			0,67		0,33		0,33						0,33	1,00					
MO	2,33	6,00	5,67	5,00	3,67	4,67	8,67	8,33	6,33	6,67	7,00	6,00	2,67	4,00	5,00	4,33	3,00	1,33	6,67	8,00	6,00	12,00	9,00	4,67
AP, C, HP, Sd		0,33	0,67	1,67	0,33	4,33	1,67	2,67	0,67	0,33	0,33			1,00	1,33	1,67		0,67	0,33	0,67	1,67			0,33
Lre	0,33				0,67	1,00	1,00	1,33	1,33	1,33	2,00	1,00	0,67	1,33	1,67	7,33		0,67	2,33	2,67		0,67	2,00	

Tab. 3-XLII – Continuo.

b)	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
3° Post lavori																								
Sm														0,33		0,33								
Lim, VTC, VB	11,33	14,67	13,33	12,33	24,00	3,67	11,00	13,00	6,67	8,67	8,67	11,33	12,00	10,67	14,33	15,33	17,67	13,67	16,67	24,33	9,00	18,67	14,33	7,00
Sab, SFBC	0,33	1,67	1,00	1,00	1,67	1,00	2,00	1,00		2,00	0,67	0,67	0,33	0,33	2,33	1,67	2,67	1,00	1,33	1,33	1,00	2,67	0,33	1,00
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	1,00	1,33	1,67	1,67	5,67	6,67	0,67	1,00		1,67		0,67	0,67	0,67	2,00	3,33	1,00	1,33		1,33	0,33	1,00	0,33	1,00
MI		0,67				0,33	0,67	0,33								0,33		0,67		0,33			0,67	
Minut		0,33	0,33		0,67	0,33	1,67								0,33	0,33		0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
MO	3,67	5,33	3,33	6,67	5,00	0,33	4,33	6,33	2,67	3,67	6,67	5,67	4,33	2,00	5,00	6,67	9,00	9,33	5,33	10,67	5,67	5,00	6,00	4,00
AP, C, HP, Sd	0,67	0,67	1,67	1,67	24,00	47,00	1,33	0,67			0,33	0,67	1,00	1,00	9,67	5,33	1,33	0,67	0,33		0,67	1,33	1,00	
Lre	1,67	1,00	1,00	1,33	35,00	8,67	1,67	0,67		0,33			0,33	1,00	7,33	3,00	3,33	1,00	0,67	2,00	0,67	1,33	1,67	0,67
4° Post lavori																								
Sm	0,33																							
Lim, VTC, VB	17,00	12,33	10,33	11,00	19,00	16,67	13,33	19,67	15,67	15,33	14,33	14,67	18,33	9,00	15,33	14,67	9,00	11,67	12,67	18,00	20,33	18,33	21,67	8,67
Sab, SFBC	1,00	1,33		1,33	2,33	0,33	2,00	0,33	1,00	0,67	0,67	1,33	0,67	1,00	3,67	3,67	0,67		0,67	0,33	1,67		3,33	
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	0,33	1,00	0,33	1,33	2,33	0,33	1,67		1,33	2,00	0,67				2,33		0,67	0,33	1,00		1,33	0,33	1,67	0,33
MI						0,33																		
Minut		0,33	0,33	0,33		0,33					0,33	0,33									0,33			
MO	9,33	10,67	4,33	7,67	7,33	6,33	5,00	5,00	2,33	8,00	9,00	6,33	8,33	5,00	8,00	10,33	5,00	3,67	5,67	5,67	7,67	9,00	10,67	1,33
AP, C, HP, Sd			0,33	2,33	1,67	4,33	1,00	1,33		0,33	0,33	0,33			2,67	3,67	1,00		0,33		1,67	0,67	1,00	
Lre	3,33	0,33	0,33	1,67	2,00	3,00	1,67	0,33		1,67	2,33	0,67	0,33		5,00	4,00	0,67	0,67		1,00	1,67	1,67	1,00	0,33
5° Post lavori																								
Sm																								0,17
Lim, VTC, VB	34,67	30,00	17,50	22,00	32,50	17,17	25,67	38,67	22,33	24,83	27,00	29,00	25,50	23,83	23,17	19,83	21,00	28,83	19,83	18,33	23,50	26,83	26,50	13,50
Sab, SFBC	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,67	0,83	0,50	0,67	0,83	1,33	0,67	0,83	0,67	1,33	0,50	2,00	0,50	0,83	0,50	0,83	0,33	0,83
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	0,17	0,33	1,00	1,17	2,50	5,50	2,50	3,67	2,83	2,00	2,67	1,83	1,00	3,33	3,33	6,33	3,83	3,33	0,83	3,00	3,17	2,50	2,33	1,67
MI				0,17	1,67	0,50					0,67	0,50	0,17	0,17		0,33	0,17	0,33		0,17		0,17		0,17
Minut	0,33	0,67	0,67	0,33		0,17	0,50	1,50	0,33		0,33	0,17	0,50	0,50	0,17	0,33	0,33			0,17	0,33		0,17	
MO	12,83	8,67	7,50	7,67	13,50	8,83	10,00	13,00	9,17	8,50	11,33	9,67	13,17	8,17	7,33	8,67	10,00	12,00	8,17	11,33	12,83	15,33	11,00	7,00
AP, C, HP, Sd	0,17	0,17	1,17	6,17	51,33	18,50	1,67	3,00	0,17	0,67	0,17	0,33	0,33	2,00	19,67	41,50	1,33	0,83	0,50	0,33	1,50	1,00	1,00	0,17
Lre	2,00	1,17	0,33	3,33	21,00	34,50	1,83	1,17	1,67	2,50	3,00	2,83	0,83	1,00	23,00	26,00	1,00	1,67	1,17	2,83	3,67	2,33	1,83	1,67
6° Post lavori																								
Sm																								0,17
Lim, VTC, VB	28,67	24,67	25,17	25,00	27,17	34,00	35,00	29,17	24,50	15,83	31,33	33,50	26,50	31,17	13,50	26,33	26,67	26,50	28,00	15,17	14,83	21,33	21,17	16,33
Sab, SFBC	1,33	0,33	0,50	1,33	3,17	8,00	1,67	2,00	2,67	1,50	2,83	1,50	2,17	2,50	0,33	6,83	2,33	1,67	3,50	1,67	0,33	1,33	2,17	2,17
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	0,33	1,00	0,67	2,50	2,50	8,00	2,50	3,00	1,50	0,50	0,50	2,00	2,17	2,83	2,50	4,83	1,67	1,50	0,67	1,00	0,83	1,00	1,17	1,33
MI				1,00	0,83	0,33		0,33			0,17	0,17			0,17	0,17								
Minut	0,33	0,17	0,17	0,83	0,17	0,17	0,83	0,17			0,17	0,50		0,33	0,17	0,50	0,67			0,17	0,17		0,17	0,67
MO	13,50	9,83	9,33	7,83	12,00	14,33	16,67	12,67	11,33	6,33	15,17	16,50	9,17	10,17	5,00	19,50	16,67	12,33	11,83	7,33	7,67	14,50	14,83	8,00
AP, C, HP, Sd	0,33	0,00	1,50	2,67	9,17	36,17	3,33	1,17	1,67	0,50	0,33	0,83	1,00	2,33	4,17	14,17	1,50	0,67	0,50	0,17	0,50	1,67	1,50	0,67
Lre	0,83	0,67	0,83	2,00	10,83	21,67	1,83	2,33	2,50	0,83	2,17	2,00	1,33	2,00	3,00	5,50	1,17	1,50	0,83	1,33	0,67	1,83	1,00	3,17
7° Post lavori																								
Sm				0,33			0,17					0,33					0,17	0,17					0,33	
Lim, VTC, VB	20,67	28,33	38,17	34,33	20,33	22,50	23,33	28,00	22,67	19,00	20,33	19,17	23,67	21,17	20,67	27,17	28,83	27,67	27,67	22,83	27,17	29,83	17,83	13,33
Sab, SFBC	1,00	4,00	2,83	1,83	2,00	4,83	1,17	1,33	2,67	0,50	1,83	1,17	2,00	1,83	4,83	5,33	1,50	1,17	1,33	2,50	2,17	2,17	1,83	0,83
MI						0,17																		
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	0,50	1,50	1,17	4,33	3,33	6,67	2,67	1,50	1,17	1,00	1,33	1,17	1,83	1,67	10,00	5,83	1,17	1,67	0,50	0,50	3,67	2,33	0,50	1,50
MI				0,50		0,17		0,17			0,17	0,17		0,17			0,83	0,17	0,17					0,17
Minut			0,50	0,17	0,17	0,50	0,17		0,17		0,17	0,50	0,17	0,17			0,83	0,33		0,17		0,17		0,17
MO	7,67	11,00	12,83	11,50	12,83	8,83	7,83	8,67	11,00	6,17	10,33	9,50	7,33	4,83	6,67	10,33	10,17	9,67	7,67	8,33	10,33	14,17	9,50	4,17
AP, C, HP, Sd	0,50	2,00	3,50	4,33	9,67	28,67	1,67	0,50	1,33	0,67	1,00	0,67	1,33	2,67	23,83	13,83	2,50	0,67	0,17	2,17	2,17	2,50	0,83	1,33
Lre	1,33	3,17	2,00	2,17	11,00	53,67	2,00	2,17	1,17	0,33	3,17	0,33	1,50	1,67	37,50	13,83	2,00	1,00	0,33	1,33	2,33	2,33	0,83	1,00
8° Post lavori																								
Sm	0,17		0,50	0,33	0,33		0,17	0,17			0,33	0,17	0,33	0,17	0,67	0,67	0,17					0,17		0,67
Lim, VTC, VB	35,67	27,50	40,67	45,67	76,17	36,00	23,67	27,33	23,50	19,50	28,17	28,33	34,17	36,00	44,33	41,50	35,50	32,50	25,50	31,83	17,67	35,83	31,50	25,00
Sab, SFBC	2,67	2,17	4,67	5,00	7,17	1,83	1,83	2,33	2,50	1,33	2,67	2,67	2,50	3,00	5,33	5,67	1,83	3,17	1,33	3,83	2,67	3,83	3,33	1,33
Mixt, DC, DE, DL, DM, SGCF, SVMC	2,83	0,83	4,17	3,17	11,83	3,50	1,83	2,00	0,67	0,33	1,50	1,33	2,17	2,33	10,17	6,00	1,33	1,67	1,50	1,67	1,83	4,00	3,50	1,33
MI	0,17	0,17	0,33	0,33		0,33	0,33	0,83		0,17		0,50			0,17	0,50	0,17	0,67					0,50	
Minut	0,50		0,67	0,17	0,17	0,17	0,33	0,33		0,33	0,33	0,17	1,00		0,67	0,50	0,83	0,83	0,17	0,17		0,50	0,17	0,67

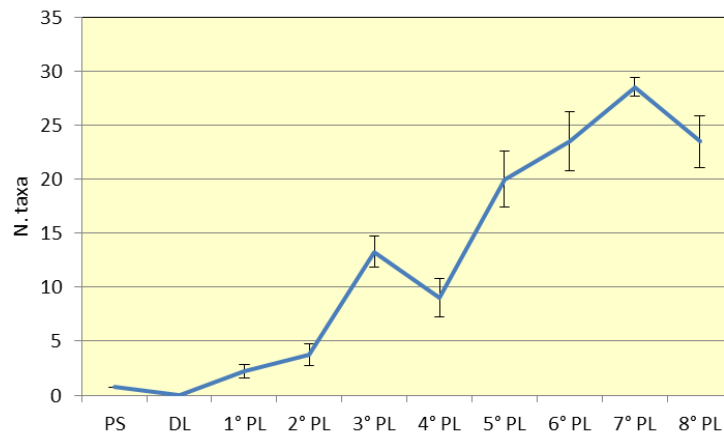


Fig. 3.63 - Numero medio (\pm e.s.) di taxa di substrato duro o ecologicamente legati ad esso registrato nelle quattro stazioni BO dal pre-survey all'8° monitoraggio post lavori di installazione.

3.7.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica della dominanza sono stati considerati i 31 taxa che nel tempo hanno rappresentato fino all'83% delle comunità bentoniche, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.64).

Data la complessità determinata dall'elevato numero di taxa considerati, necessario a causa dell'evoluzione temporale dei popolamenti, la trattazione che segue avrà carattere generale evitando di dilungarsi in troppi particolari.

In tutti i survey condotti sinora i policheti della famiglia Paraonidae hanno sempre costituito il taxon più importante praticamente ovunque, ad eccezione del campionamento effettuato durante i lavori di installazione della piattaforma quando nell'area circostante Bonaccia NW era risultato dominante o comunque importante il crostaceo decapode *Upogebia deltaura*. Nella maggior parte delle stazioni, dopo i paraonidi hanno sempre raggiunto percentuali rilevanti i policheti *O. cilindricaudata*, *P. calliopae* e *A. filiformis*, sebbene notevolmente inferiori rispetto a quelle dei paraonidi.

Sin dal 1° survey post lavori i siti BO e, in particolare, quello posto in direzione SE, hanno rappresentato un'eccezione al pattern di dominanza appena descritto. In queste stazioni, infatti, nei vari campionamenti hanno prevalso diversi taxa, quali i policheti spionidi, sabellidi e *Owenia fusiformis*, e i bivalvi *N. cochlear* e *A. ephippium*. L'importanza di queste due specie di molluschi si è notevolmente ridotta nell'estate 2017 (4° post lavori) quando sono stati sostituiti dallo cnidario *Epizoanthus* sp (26% in BO SE), è di nuovo

umentata in inverno 2018 e diminuita nell'estate successiva, stagione caratterizzata da un'elevatissima percentuale di policheti serpuloidei appartenenti al genere *Filograna* in BO SE (60%), risultati rilevanti anche in BO SW (10%) e A5 (4%). Nel 2019 *A. ephippium* e *N. cochlear* hanno raggiunto di nuovo percentuali importanti nei siti della piattaforma.

Come nei precedenti campionamenti, anche nell'estate 2019 non sono emerse particolari differenze tra le stazioni monitorate lungo i transetti e i controlli, così come confermato dalle curve di dominanza cumulativa (fig. 3.65). Per quanto concerne i siti a ridosso della piattaforma, è degno di nota il fatto che, già dal 3° survey post lavori, le curve relative siano risultate lievemente distaccate rispetto alle altre per la presenza di un popolamento più diversificato. Solo nel 6° post lavori la curva del sito BO SE aveva evidenziato alla sua origine l'elevata dominanza di *Filograna* sp.

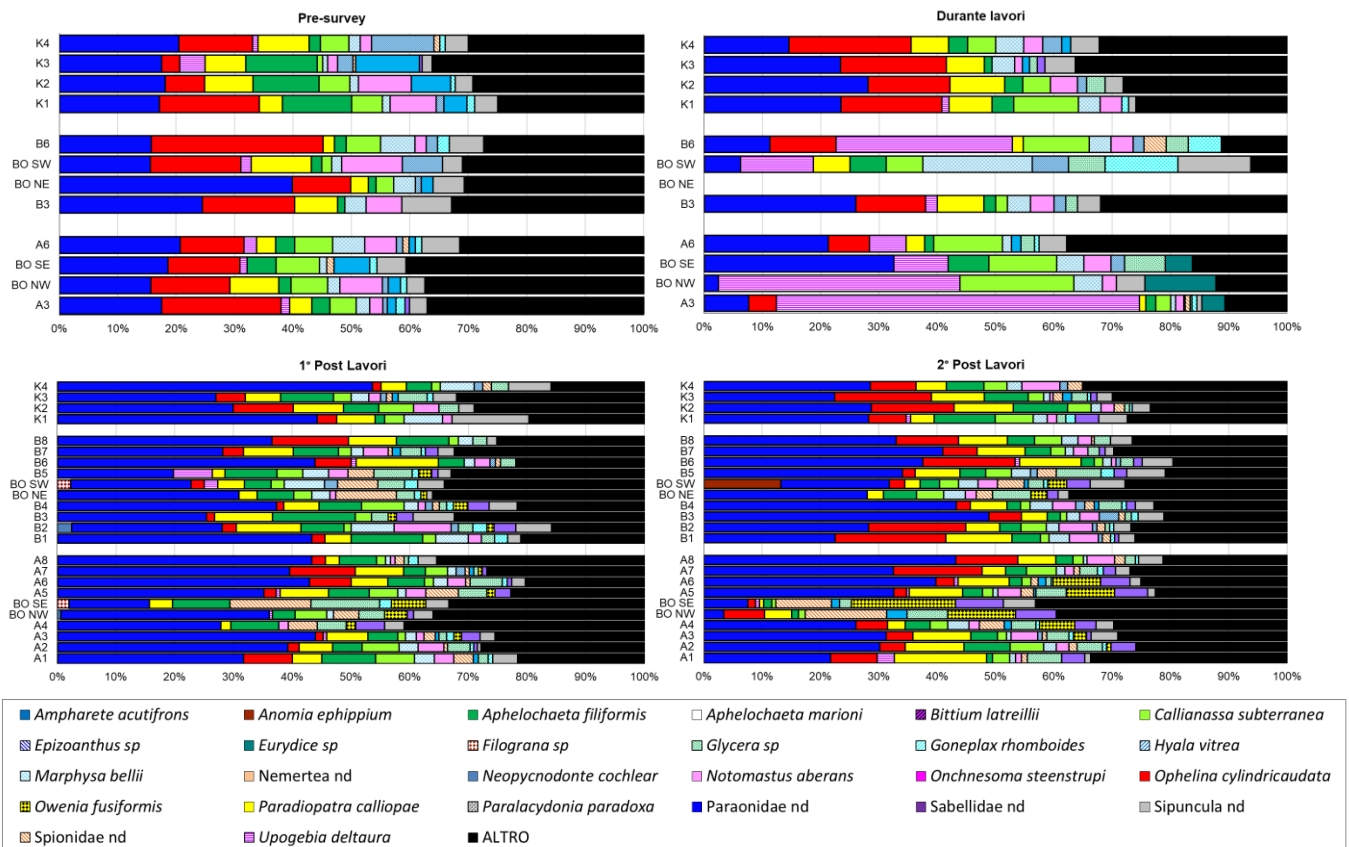


Fig. 3.64 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nell'intero periodo.

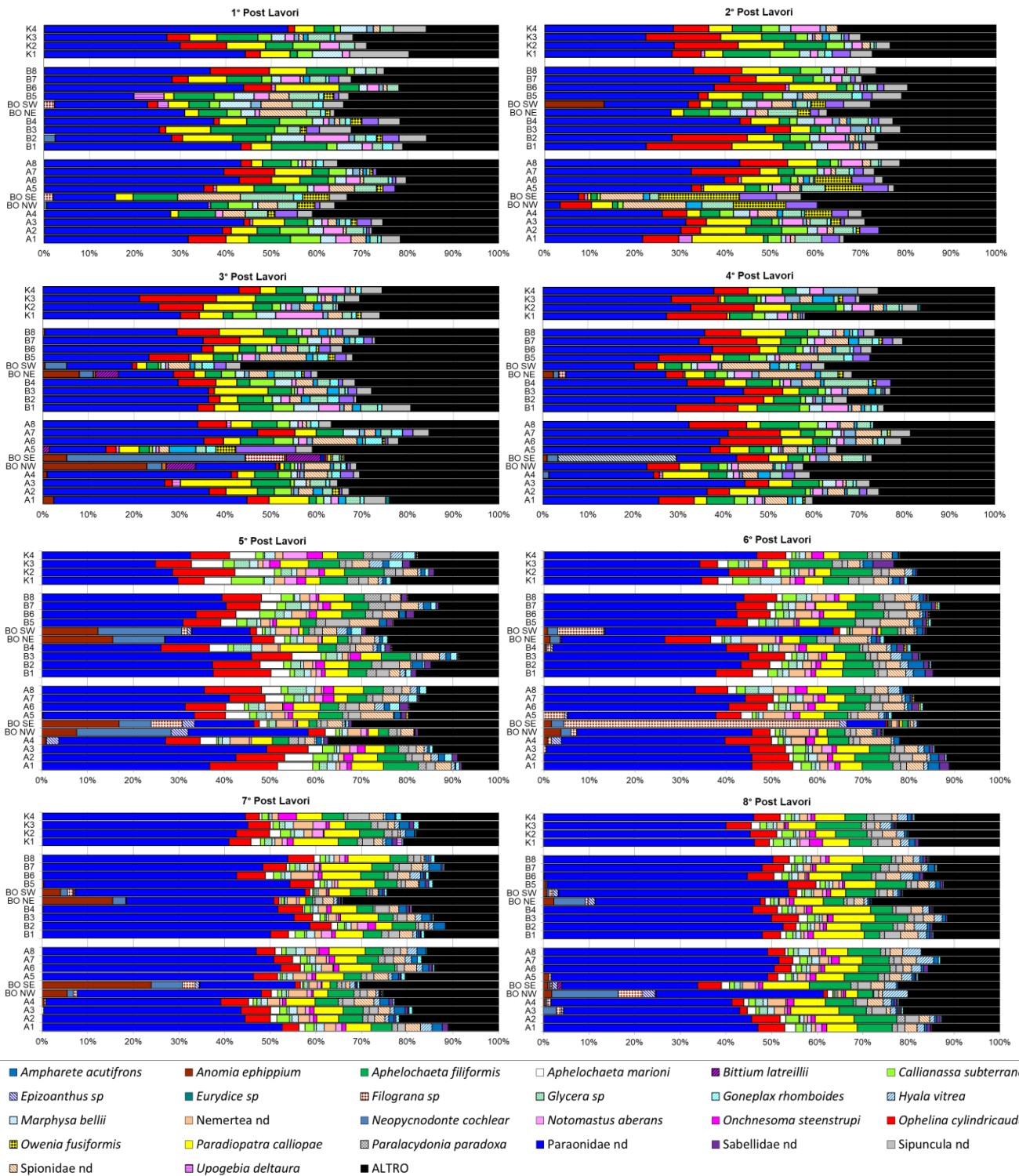


Fig. 3.64 - Continuo.

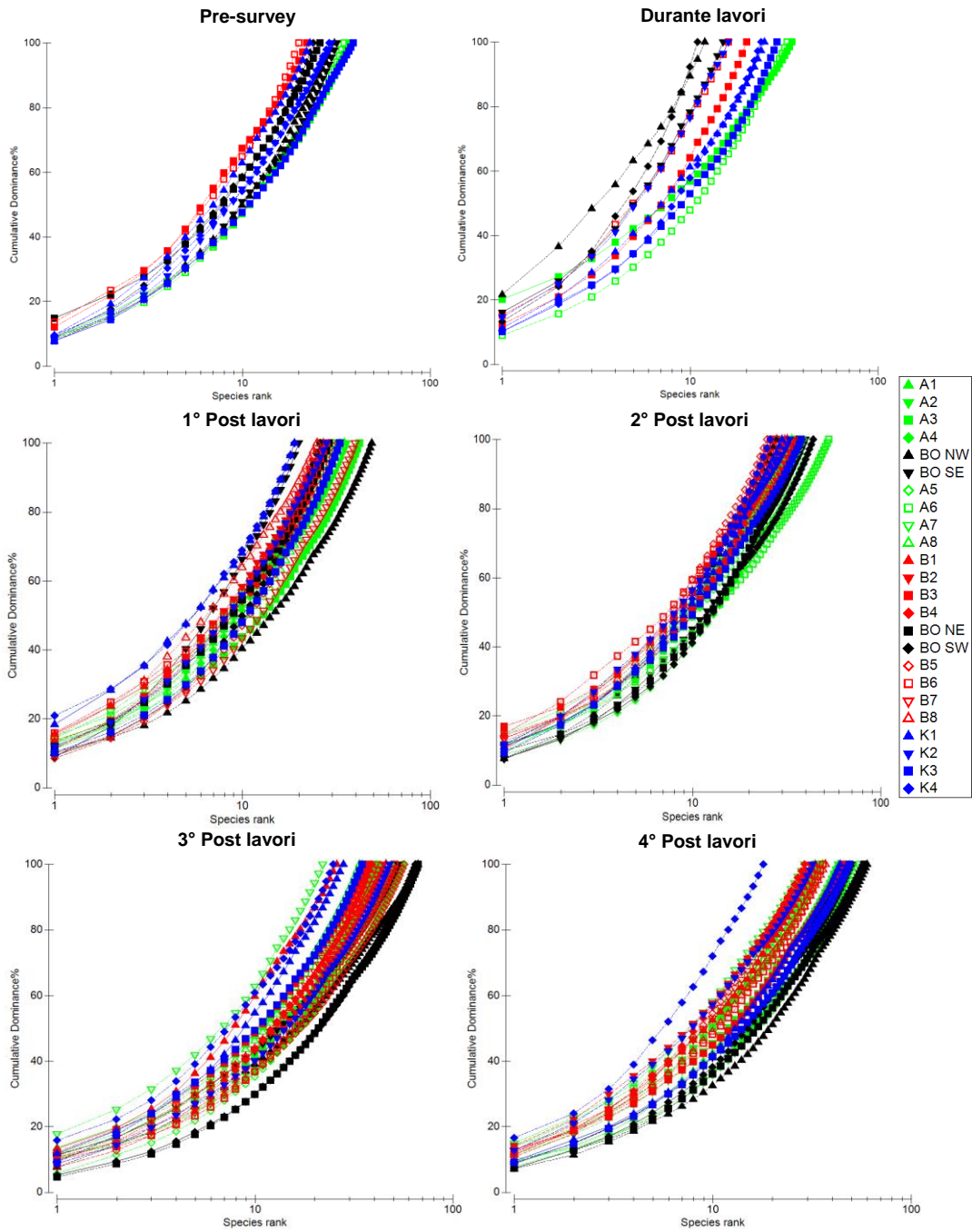


Fig. 3.65 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nell'intero periodo.

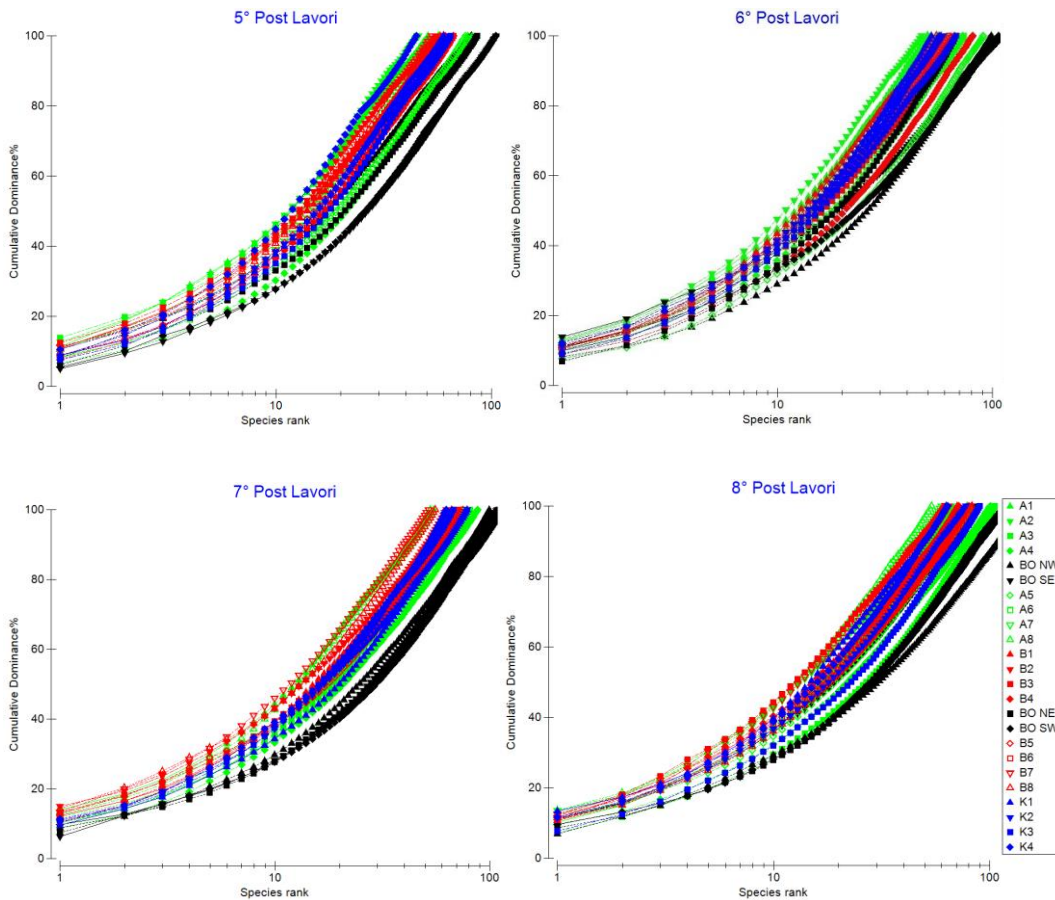


Fig. 3.65 - Continuo.

3.7.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nell'estate 2019 in tutta l'area monitorata sono stati rinvenuti 236 taxa appartenenti prevalentemente ai policheti (94), seguiti dai crostacei e dai molluschi (57 e 53 rispettivamente; Tab. 3-XLIII).

Tab. 3-XLIII – Ripartizione secondo il phylum di appartenenza e totale dei taxa rinvenuti nell'intero periodo.

	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL
Briozoi		1	5	4	6	4	7	9	8	7
Cnidari	2	2	3	2	6	7	8	9	6	8
Crostacei	24	16	27	34	44	36	55	51	65	57
Echinodermi	2		2	5	4	4	6	6	7	10
Molluschi	14	4	18	14	29	21	42	44	51	53
Nemertini	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pantopodi				1			1	1	1	1
Platelminti					1		1	1	1	1
Policheti	51	40	64	64	78	78	89	78	98	94
Poriferi			1		1	1	1	1	1	
Sipunculidi	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Tunicati					1		1			
Totale	97	67	124	129	175	156	216	205	243	236

E' stata registrata anche la presenza di 10 echinodermi, 8 cnidari, 7 briozoi, 4 sipunculidi, oltre a nemertini, pantopodi e plattelminti tutti rappresentati da un taxon.

Il quantitativo di taxa raggiunto in quest'ultimo monitoraggio è il secondo più elevato di tutti i campionamenti condotti nella fase di produzione della piattaforma. E' stato infatti osservato un lieve decremento rispetto all'inverno 2019 (massimo assoluto: 243 taxa) determinato da una flessione dei crostacei e policheti.

Per quanto concerne l'andamento dell'indice (fig. 3.66), lungo ciascun transetto nell'estate 2019 i massimi sono stati raggiunti in corrispondenza di uno o entrambi i siti della piattaforma, con il valore in assoluto più alto dell'intero periodo di indagine in BO NW (149). Le stazioni A e B, inclusa BO SE, sono tutte rientrate nel range dei controlli compreso tra 63 e 90, eccetto A3 e A4 per le quali è stata osservata una Ricchezza specifica totale maggiore (106 e 101 rispettivamente).

Una Ricchezza specifica superiore in corrispondenza della struttura è stata osservata sin dall'entrata in produzione di Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione, invece, i siti della piattaforma erano stati caratterizzati dai valori più bassi.

E' interessante notare che rispetto al pre-survey dopo 4 anni dalla posa in opera il numero di taxa è aumentato fino a 5 volte in corrispondenza della piattaforma, fino a 4 volte nei siti posizionati a 60 m da essa e sino a 3 volte nei controlli, ad indicare un incremento della complessità dei popolamenti determinato dalla presenza della struttura.

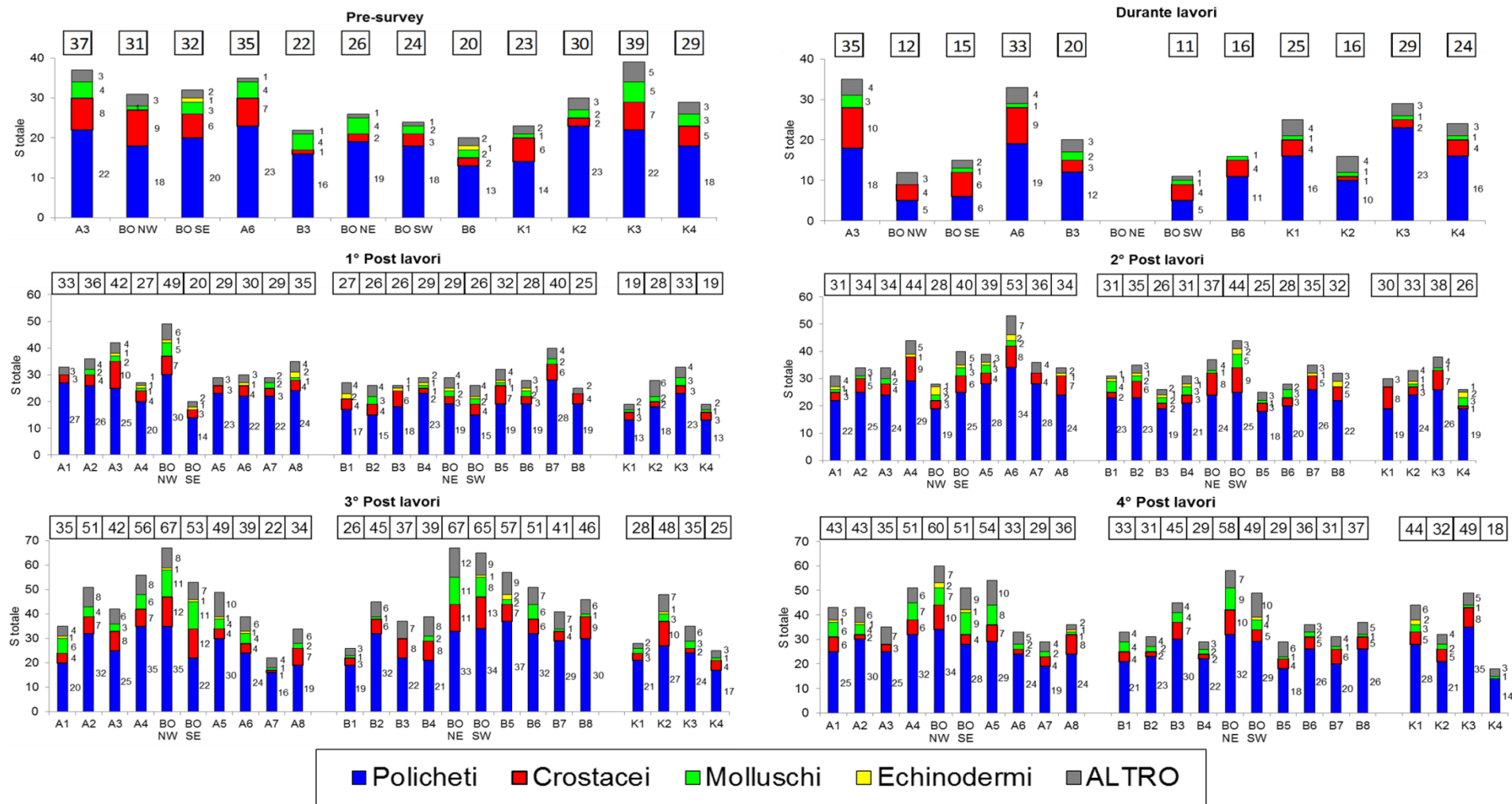


Fig. 3.66 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'intero periodo. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

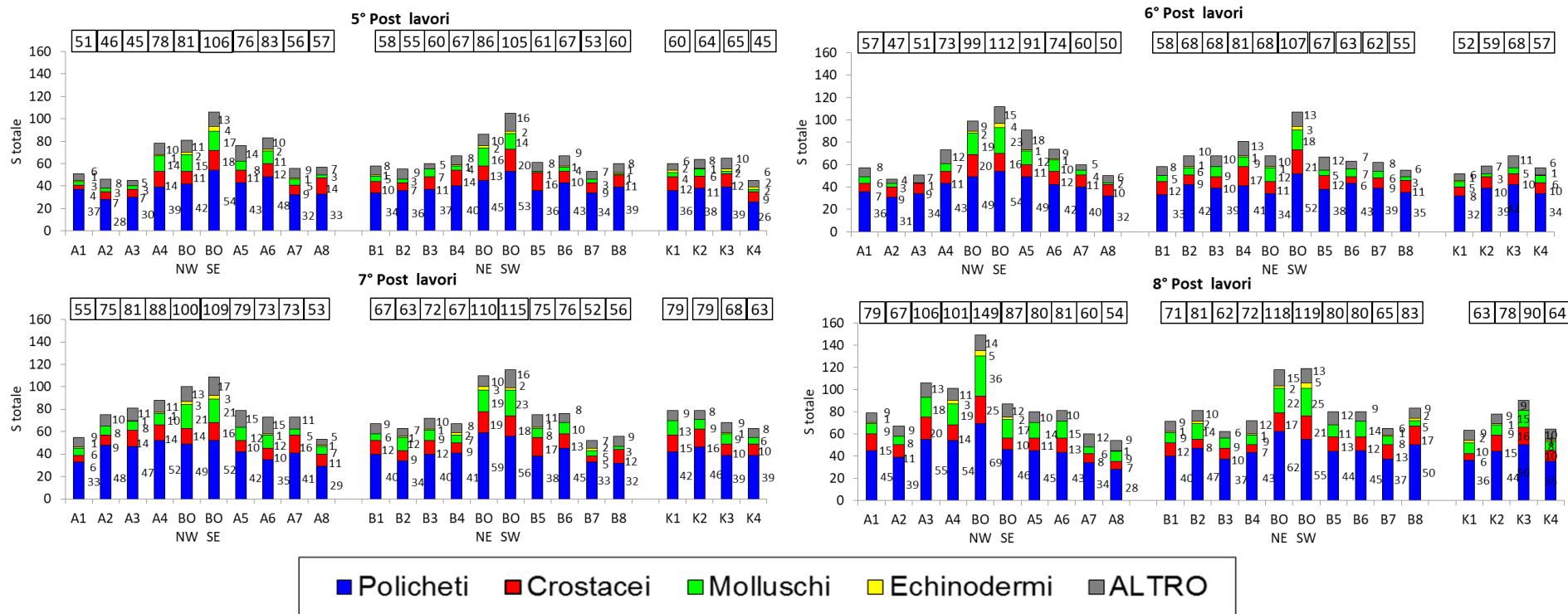


Fig. 3.66 - Continuo.

3.7.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_m)

Analogamente ai survey precedenti, anche nell'8° post lavori S_m ha presentato lo stesso trend osservato per la Ricchezza specifica totale (fig. 3.67). I massimi sono stati ottenuti in tre siti della piattaforma (BO NW, BO NE e BO SW; $75,00 \pm 2,89$; $61,33 \pm 1,61$ e $54,50 \pm 2,25$ rispettivamente), unici valori a non rientrare nel range dei controlli, compreso tra $26,17 \pm 2,04$ (K1) e $37,33 \pm 1,98$ (K2).

Considerando l'intero periodo di campionamento, l'indice ha sempre mostrato variazioni altalenanti nel tempo, con valori di S_m che aumentavano, diminuivano o rimanevano costanti da un survey all'altro. Tuttavia appare ben chiara la tendenza ad un aumento della Ricchezza specifica media dopo la fine dei lavori di installazione della piattaforma, soprattutto nelle stazioni poste in prossimità di Bonaccia NW dove, a partire dal 1° survey post e con poche eccezioni, sono sempre stati rilevati i valori maggiori.

3.7.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

La Diversità specifica (fig. 3.68) è stata caratterizzata da un intervallo dei valori rimasto complessivamente simile nel tempo, se si eccettuano una riduzione in corrispondenza della piattaforma e nei siti a 60 m a Nord durante i lavori di installazione, indicativo di una comunità non particolarmente diversificata a causa della netta dominanza dei paraonidi in tutto il periodo. Nell'ultimo monitoraggio tali valori sono oscillati tra un minimo di $2,12 \pm 0,13$ (K1) e un massimo di $2,93 \pm 0,07$ (BO NW), quest'ultimo determinato dall'elevata Ricchezza specifica e dalla ridotta importanza dei policheti (rappresentanti solo il 30% della comunità a fronte di valori quasi sempre superiori al 40% altrove).

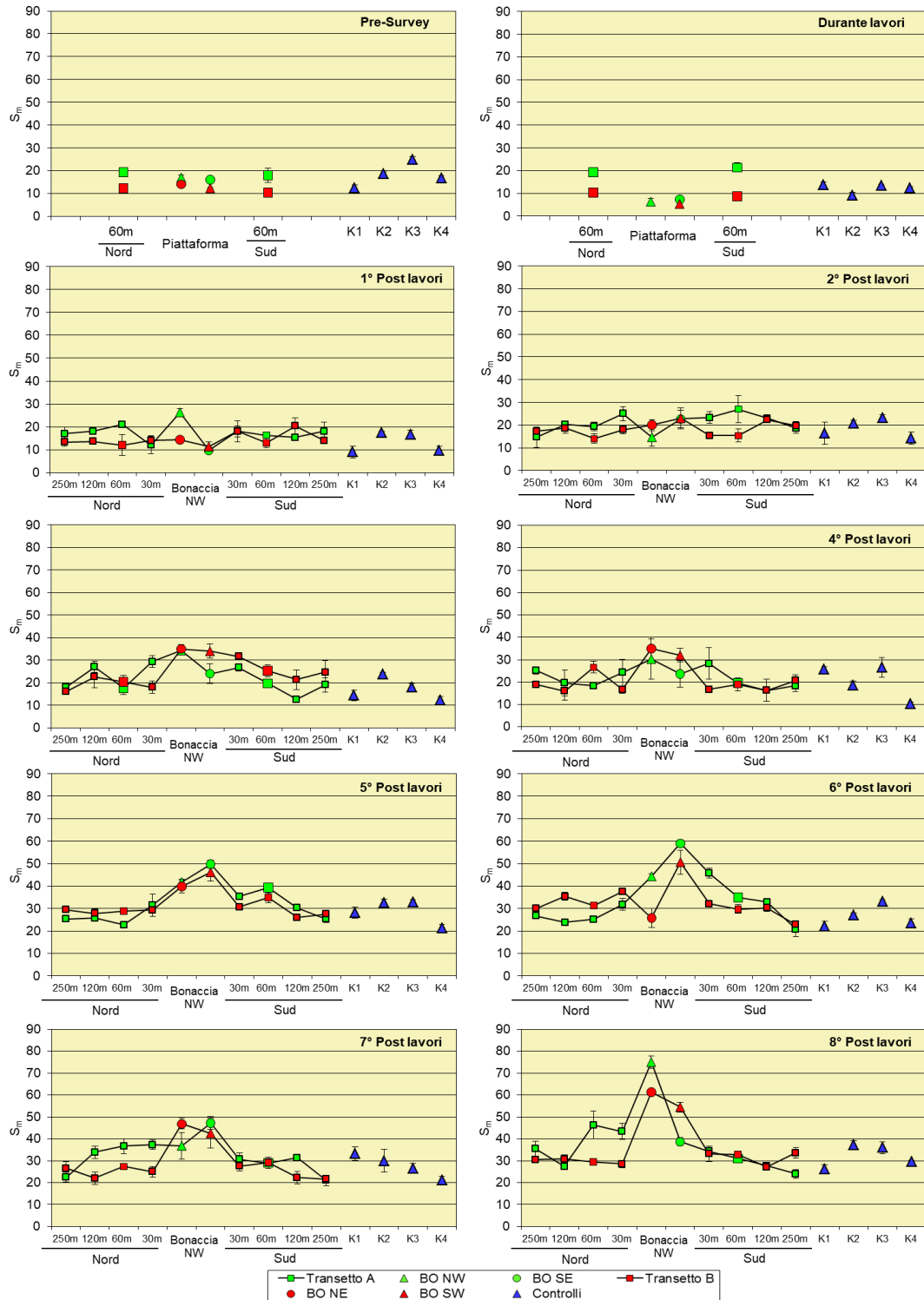


Fig. 3.67 - Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo.

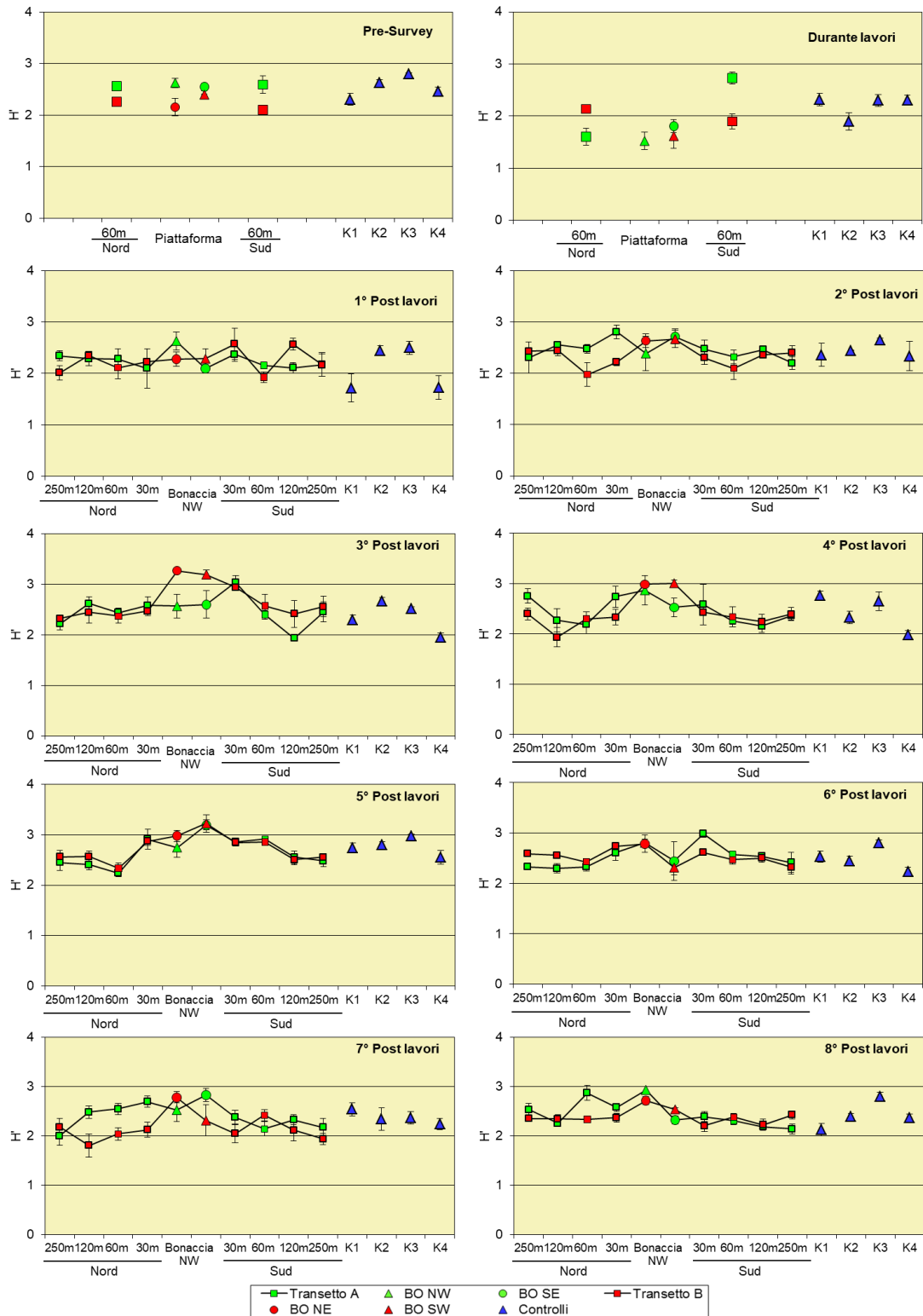


Fig. 3.68 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo.

3.7.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

L'MDS applicato ai dati di densità delle singole specie monitorate dal pre-survey ha separato i diversi siti campionati non tanto dal punto di vista temporale quanto da quello spaziale (figg. 3.69a e 3.69b). Si può infatti notare come, dal periodo coincidente con l'installazione di Bonaccia NW sino all'ultimo monitoraggio, le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma appaiano, in misura più o meno evidente, discostate dal cluster principale comprendente i siti dei transetti e i controlli.

Dal durante lavori fino al 2° survey post, l'isolamento di tutte o alcune stazioni BO è correlabile ai bassi quantitativi registrati delle specie principali (figg. 3.69c - 3.69d).

A partire dal 3° survey post lavori la separazione dei siti BO è stata invece una conseguenza del rinvenimento di numerose specie e dei maggiori quantitativi di altre come *A. ephippium* e *N. cochlear* (figg. 3.69e e 3.69f) che hanno reso le stazioni a ridosso della piattaforma peculiari anche nei monitoraggi successivi.

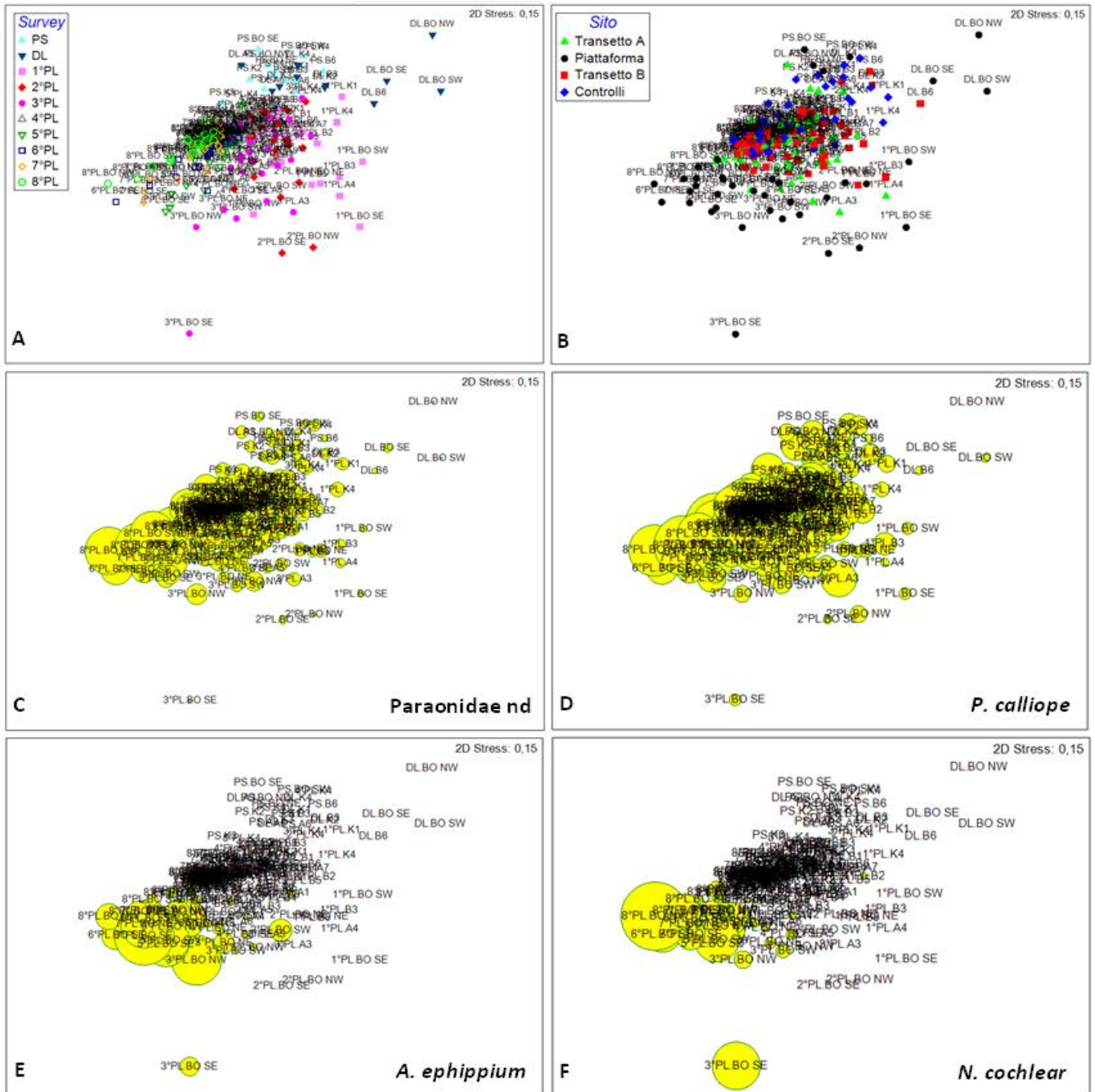


Fig. 3.69 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell'intero periodo tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi gialli indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.7.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

3.7.8.1 Indice W di Clarke

Nell'estate 2019 l'indice W di Clarke ha classificato tutte le stazioni campionate come leggermente disturbate (Tab. 3-XLIV). Una situazione analoga era stata rilevata solo nel

pre-survey, nel 3° e nel 7° monitoraggio post lavori di installazione. Nelle altre campagne infatti, alcuni siti, spesso anche di controllo, avevano presentato un disturbo moderato.

3.7.8.2 Indice AMBI

L'indice AMBI nell'estate 2019 ha fornito risultati identici al W di Clarke (Tab. 3-XLV) eccetto in BO NW risultato non disturbato, confermando essenzialmente quanto rilevato precedentemente. I taxa indifferenti all'arricchimento organico appartenenti al II gruppo ecologico hanno prevalso ovunque, seguiti da quelli sensibili (I gruppo ecologico). Ridotta la percentuale di organismi opportunisti di II ordine (4° gruppo ecologico) e ancor più scarsa quella degli opportunisti di I ordine (V gruppo ecologico), ove rinvenuti.

3.7.8.3 Indice BENTIX

Anche nell'estate 2019 il BENTIX ha fornito, come di consueto, risultati più pessimistici rispetto agli altri due indici eccetto in tre casi (A3, B4 e K3; Tab. 3-XLVI) e assolutamente omogenei tra trasetti e controlli. La maggior parte delle stazioni è risultata moderatamente disturbata come osservato dall'estate 2018. Precedentemente era stata rilevata una predominanza di siti con disturbo lieve.

3.7.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XLVII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni campionate in tutto il periodo di campionamento e derivato dalla combinazione dei tre indici. Nell'ultimo survey lo stato è risultato tra buono e buono/moderato sia lungo i trasetti, sia nei siti della piattaforma, sia ai controlli. Rispetto all'inverno 2019 le variazioni sono state minime.

E' interessante notare che nel corso del tempo presso Bonaccia NW non si sono verificate mai situazioni peggiori rispetto ai riferimenti e che in piattaforma sino ad ora non è mai stato raggiunto uno stato moderato osservato invece in K2 e K3 nel 6° survey post lavori di installazione (fig. 3.70).

Tab. 3-XLIV – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nell'intero periodo.

	Stazione	W	Classificazione ambientale		Stazione	W	Classificazione ambientale		Stazione	W	Classificazione ambientale
Pre-survey	A3	0,517	Leggermente disturbato	1° Post lavori	A1	0,286	Moderatamente disturbato	2° Post lavori	A1	0,378	Leggermente disturbato
	BO NW	0,319	Leggermente disturbato		A2	0,369	Leggermente disturbato		A2	0,349	Leggermente disturbato
	BO SE	0,477	Leggermente disturbato		A3	0,398	Leggermente disturbato		A3	0,281	Moderatamente disturbato
	A6	0,452	Leggermente disturbato		A4	0,195	Moderatamente disturbato		A4	0,494	Leggermente disturbato
	B3	0,351	Leggermente disturbato		BO NW	0,504	Leggermente disturbato		BO NW	0,178	Moderatamente disturbato
	BO NE	0,487	Leggermente disturbato		BO SE	0,466	Leggermente disturbato		BO SE	0,545	Leggermente disturbato
	BO SW	0,443	Leggermente disturbato		A5	0,208	Moderatamente disturbato		A5	0,221	Moderatamente disturbato
	B6	0,491	Leggermente disturbato		A6	0,377	Leggermente disturbato		A6	0,268	Moderatamente disturbato
	K1	0,278	Moderatamente disturbato		A7	0,344	Leggermente disturbato		A7	0,240	Moderatamente disturbato
	K2	0,338	Leggermente disturbato		A8	0,405	Leggermente disturbato		A8	0,237	Moderatamente disturbato
	K3	0,282	Moderatamente disturbato		B1	0,395	Leggermente disturbato		B1	0,334	Leggermente disturbato
	K4	0,319	Leggermente disturbato		B2	0,405	Leggermente disturbato		B2	0,173	Moderatamente disturbato
Durante lavori	A3	0,369	Leggermente disturbato	B3	0,411	Leggermente disturbato	B3	0,606	Leggermente disturbato		
	BO NW	0,362	Leggermente disturbato	B4	0,467	Leggermente disturbato	B4	0,304	Leggermente disturbato		
	BO SE	0,316	Leggermente disturbato	BO NE	0,586	Leggermente disturbato	BO NE	0,310	Leggermente disturbato		
	A6	0,385	Leggermente disturbato	BO SW	0,544	Leggermente disturbato	BO SW	0,569	Leggermente disturbato		
	B3	0,403	Leggermente disturbato	B5	0,567	Leggermente disturbato	B5	0,436	Leggermente disturbato		
	BO NE		Non campionata	B6	0,312	Leggermente disturbato	B6	0,317	Leggermente disturbato		
	BO SW	0,496	Leggermente disturbato	B7	0,417	Leggermente disturbato	B7	0,175	Moderatamente disturbato		
	B6	0,490	Leggermente disturbato	B8	0,302	Leggermente disturbato	B8	0,397	Leggermente disturbato		
	K1	0,386	Leggermente disturbato	K1	0,343	Leggermente disturbato	K1	0,333	Leggermente disturbato		
	K2	0,262	Moderatamente disturbato	K2	0,351	Leggermente disturbato	K2	0,166	Moderatamente disturbato		
	K3	0,380	Leggermente disturbato	K3	0,439	Leggermente disturbato	K3	0,254	Moderatamente disturbato		
	K4	0,466	Leggermente disturbato	K4	0,334	Leggermente disturbato	K4	0,658	Leggermente disturbato		
3° Post lavori	A1	0,463	Leggermente disturbato	4° Post lavori	A1	0,482	Leggermente disturbato	5° Post lavori	A1	0,298	Moderatamente disturbato
	A2	0,364	Leggermente disturbato		A2	0,434	Leggermente disturbato		A2	0,305	Leggermente disturbato
	A3	0,380	Leggermente disturbato		A3	0,386	Leggermente disturbato		A3	0,343	Leggermente disturbato
	A4	0,364	Leggermente disturbato		A4	0,365	Leggermente disturbato		A4	0,278	Moderatamente disturbato
	BO NW	0,397	Leggermente disturbato		BO NW	0,487	Leggermente disturbato		BO NW	0,384	Leggermente disturbato
	BO SE	0,346	Leggermente disturbato		BO SE	0,478	Leggermente disturbato		BO SE	0,452	Leggermente disturbato
	A5	0,324	Leggermente disturbato		A5	0,463	Leggermente disturbato		A5	0,348	Leggermente disturbato
	A6	0,492	Leggermente disturbato		A6	0,436	Leggermente disturbato		A6	0,359	Leggermente disturbato
	A7	0,385	Leggermente disturbato		A7	0,330	Leggermente disturbato		A7	0,409	Leggermente disturbato
	A8	0,433	Leggermente disturbato		A8	0,503	Leggermente disturbato		A8	0,256	Moderatamente disturbato
	B1	0,358	Leggermente disturbato		B1	0,322	Leggermente disturbato		B1	0,170	Moderatamente disturbato
	B2	0,445	Leggermente disturbato		B2	0,238	Moderatamente disturbato		B2	0,273	Moderatamente disturbato
B3	0,412	Leggermente disturbato	B3	0,402	Leggermente disturbato	B3	0,234	Moderatamente disturbato			
B4	0,492	Leggermente disturbato	B4	0,290	Moderatamente disturbato	B4	0,431	Leggermente disturbato			
BO NE	0,415	Leggermente disturbato	BO NE	0,415	Leggermente disturbato	BO NE	0,340	Leggermente disturbato			
BO SW	0,459	Leggermente disturbato	BO SW	0,359	Leggermente disturbato	BO SW	0,325	Leggermente disturbato			
B5	0,341	Leggermente disturbato	B5	0,484	Leggermente disturbato	B5	0,321	Leggermente disturbato			
B6	0,401	Leggermente disturbato	B6	0,499	Leggermente disturbato	B6	0,306	Leggermente disturbato			
B7	0,399	Leggermente disturbato	B7	0,457	Leggermente disturbato	B7	0,285	Moderatamente disturbato			
B8	0,430	Leggermente disturbato	B8	0,371	Leggermente disturbato	B8	0,389	Leggermente disturbato			
K1	0,412	Leggermente disturbato	K1	0,473	Leggermente disturbato	K1	0,446	Leggermente disturbato			
K2	0,512	Leggermente disturbato	K2	0,373	Leggermente disturbato	K2	0,326	Leggermente disturbato			
K3	0,323	Leggermente disturbato	K3	0,401	Leggermente disturbato	K3	0,263	Moderatamente disturbato			
K4	0,412	Leggermente disturbato	K4	0,330	Leggermente disturbato	K4	0,428	Leggermente disturbato			
6° Post lavori	A1	0,210	Moderatamente disturbato	7° Post lavori	A1	0,463	Leggermente disturbato	8° Post lavori	A1	0,535	Leggermente disturbato
	A2	0,362	Leggermente disturbato		A2	0,551	Leggermente disturbato		A2	0,497	Leggermente disturbato
	A3	0,281	Moderatamente disturbato		A3	0,598	Leggermente disturbato		A3	0,561	Leggermente disturbato
	A4	0,251	Moderatamente disturbato		A4	0,532	Leggermente disturbato		A4	0,523	Leggermente disturbato
	BO NW	0,483	Leggermente disturbato		BO NW	0,624	Leggermente disturbato		BO NW	0,554	Leggermente disturbato
	BO SE	0,321	Leggermente disturbato		BO SE	0,587	Leggermente disturbato		BO SE	0,567	Leggermente disturbato
	A5	0,384	Leggermente disturbato		A5	0,545	Leggermente disturbato		A5	0,568	Leggermente disturbato
	A6	0,360	Leggermente disturbato		A6	0,567	Leggermente disturbato		A6	0,525	Leggermente disturbato
	A7	0,283	Moderatamente disturbato		A7	0,569	Leggermente disturbato		A7	0,435	Leggermente disturbato
	A8	0,280	Moderatamente disturbato		A8	0,494	Leggermente disturbato		A8	0,568	Leggermente disturbato
	B1	0,170	Moderatamente disturbato		B1	0,501	Leggermente disturbato		B1	0,444	Leggermente disturbato
	B2	0,307	Leggermente disturbato		B2	0,511	Leggermente disturbato		B2	0,620	Leggermente disturbato
B3	0,236	Moderatamente disturbato	B3	0,620	Leggermente disturbato	B3	0,492	Leggermente disturbato			
B4	0,273	Moderatamente disturbato	B4	0,641	Leggermente disturbato	B4	0,477	Leggermente disturbato			
BO NE	0,434	Leggermente disturbato	BO NE	0,606	Leggermente disturbato	BO NE	0,592	Leggermente disturbato			
BO SW	0,375	Leggermente disturbato	BO SW	0,614	Leggermente disturbato	BO SW	0,543	Leggermente disturbato			
B5	0,278	Moderatamente disturbato	B5	0,535	Leggermente disturbato	B5	0,456	Leggermente disturbato			
B6	0,282	Moderatamente disturbato	B6	0,518	Leggermente disturbato	B6	0,492	Leggermente disturbato			
B7	0,297	Moderatamente disturbato	B7	0,561	Leggermente disturbato	B7	0,586	Leggermente disturbato			
B8	0,230	Moderatamente disturbato	B8	0,462	Leggermente disturbato	B8	0,591	Leggermente disturbato			
K1	0,551	Leggermente disturbato	K1	0,566	Leggermente disturbato	K1	0,594	Leggermente disturbato			
K2	0,204	Moderatamente disturbato	K2	0,463	Leggermente disturbato	K2	0,522	Leggermente disturbato			
K3	0,216	Moderatamente disturbato	K3	0,568	Leggermente disturbato	K3	0,586	Leggermente disturbato			
K4	0,310	Leggermente disturbato	K4	0,506	Leggermente disturbato	K4	0,567	Leggermente disturbato			

Tab. 3-XLV – 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’intero periodo e classificazione del disturbo ambientale secondo l’indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
Pre-surveys	A3	36,70	43,00	11,70	8,60	0	1,38	Leggermente disturbato
	BO NW	36,00	38,20	20,20	5,60	0	1,43	Leggermente disturbato
	BO SE	37,20	42,30	15,40	5,10	0	1,33	Leggermente disturbato
	A6	32,20	44,80	17,20	4,60	1,10	1,47	Leggermente disturbato
	B3	36,70	43,00	17,70	2,50	0	1,29	Leggermente disturbato
	BO NE	20,40	66,90	7,40	4,30	1,00	1,48	Leggermente disturbato
	BO SW	46,40	26,80	19,60	7,10	0	1,31	Leggermente disturbato
	B6	44,00	40,00	12,00	4,00	0	1,14	Non disturbato
	K1	35,10	36,50	27,00	1,40	0	1,42	Leggermente disturbato
	K2	23,60	43,30	28,30	4,70	0	1,71	Leggermente disturbato
	K3	32,40	40,50	21,90	5,20	0	1,50	Leggermente disturbato
	K4	49,50	32,70	14,90	3,00	0	1,07	Non disturbato
Durante lavori	A3	75,70	13,60	8,20	2,50	0	0,56	Non disturbato
	BO NW	63,40	9,80	24,40	2,40	0	0,99	Non disturbato
	BO SE	25,60	51,20	23,30	0	0	1,47	Leggermente disturbato
	A6	32,30	46,00	18,50	3,20	0	1,39	Leggermente disturbato
	B3	36,00	48,00	8,00	6,00	2,00	1,35	Leggermente disturbato
	BO NE	Non campionata						
	BO SW	50,00	37,50	12,50	0	0	0,94	Non disturbato
	B6	54,70	24,50	18,90	1,90	0	1,02	Non disturbato
	K1	42,50	36,30	18,80	2,50	0	1,22	Leggermente disturbato
	K2	39,10	48,40	12,50	0	0	1,10	Non disturbato
	K3	35,50	51,30	9,20	2,60	1,30	1,24	Leggermente disturbato
	K4	50,00	35,50	12,90	1,60	0	0,99	Non disturbato
1° Post lavori	A1	24,80	47,90	24,80	2,60	0	1,58	Leggermente disturbato
	A2	20,50	56,40	18,60	3,80	0,60	1,62	Leggermente disturbato
	A3	28,00	57,30	12,10	2,50	0	1,34	Leggermente disturbato
	A4	27,60	51,70	15,50	5,20	0	1,47	Leggermente disturbato
	BO NW	17,90	57,80	19,10	4,60	0,60	1,68	Leggermente disturbato
	BO SE	24,00	48,00	26,00	2,00	0	1,59	Leggermente disturbato
	A5	17,00	54,60	22,70	5,70	0	1,76	Leggermente disturbato
	A6	20,80	58,40	15,20	4,00	1,60	1,61	Leggermente disturbato
	A7	29,20	52,30	13,80	4,60	0	1,41	Leggermente disturbato
	A8	17,20	54,90	22,10	2,50	3,30	1,80	Leggermente disturbato
	B1	18,00	58,40	21,30	1,10	1,10	1,64	Leggermente disturbato
	B2	35,40	44,30	19,00	1,30	0	1,29	Leggermente disturbato
	B3	34,30	43,30	19,40	3,00	0	1,37	Leggermente disturbato
	B4	23,50	54,30	17,30	2,50	2,50	1,59	Leggermente disturbato
	BO NE	18,50	52,20	21,70	7,60	0	1,78	Leggermente disturbato
	BO SW	40,90	38,60	15,90	4,50	0	1,26	Leggermente disturbato
	B5	29,10	43,00	26,70	1,20	0	1,50	Leggermente disturbato
	B6	32,70	54,50	10,90	0,90	0,90	1,24	Leggermente disturbato
	B7	23,90	50,00	20,30	5,10	0,70	1,63	Leggermente disturbato
	B8	28,00	49,20	15,30	6,80	0,80	1,55	Leggermente disturbato
	K1	27,90	57,40	13,10	0	1,60	1,35	Leggermente disturbato
	K2	30,40	46,10	21,70	0,90	0,90	1,44	Leggermente disturbato
	K3	22,90	54,20	21,90	1,00	0	1,52	Leggermente disturbato
	K4	16,90	72,30	10,80	0	0	1,41	Leggermente disturbato
2° Post lavori	A1	44,60	41,30	9,80	3,30	1,10	1,13	Non disturbato
	A2	27,10	50,40	19,50	1,50	1,50	1,50	Leggermente disturbato
	A3	26,00	54,30	14,20	3,10	2,40	1,52	Leggermente disturbato
	A4	22,40	55,30	18,60	3,10	0,60	1,57	Leggermente disturbato
	BO NW	29,80	45,20	22,60	2,40	0	1,46	Leggermente disturbato
	BO SE	38,70	41,50	16,90	2,80	0	1,26	Leggermente disturbato
	A5	27,90	55,40	13,10	3,60	0	1,39	Leggermente disturbato
	A6	26,00	59,80	10,00	4,20	0	1,38	Leggermente disturbato
	A7	31,60	51,30	15,00	1,00	1,00	1,33	Leggermente disturbato
	A8	28,70	52,70	15,60	3,00	0	1,39	Leggermente disturbato
	B1	40,40	36,20	17,00	3,50	2,80	1,38	Leggermente disturbato
	B2	35,30	41,90	19,90	1,50	1,50	1,38	Leggermente disturbato
	B3	27,60	59,80	10,30	1,10	1,10	1,33	Leggermente disturbato
	B4	22,60	62,10	14,50	0,80	0	1,40	Leggermente disturbato
	BO NE	15,20	61,00	17,10	2,90	3,80	1,79	Leggermente disturbato
	BO SW	42,50	36,30	17,10	1,40	2,70	1,28	Leggermente disturbato
	B5	29,20	57,30	12,40	0,00	1,10	1,30	Leggermente disturbato
	B6	41,90	50,40	5,40	1,60	0,80	1,04	Non disturbato
	B7	25,10	54,90	16,40	2,60	1,00	1,49	Leggermente disturbato
	B8	30,80	48,60	16,30	1,00	3,40	1,46	Leggermente disturbato
	K1	33,30	45,30	19,70	0	1,70	1,37	Leggermente disturbato
	K2	31,50	42,10	20,80	1,40	4,20	1,57	Leggermente disturbato
	K3	41,00	38,80	16,30	3,90	0	1,25	Leggermente disturbato
	K4	26,30	46,10	21,10	3,90	2,60	1,66	Leggermente disturbato

Tab. 3- XLV – Continuo.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale	
3° Post lavori	A1	32,00	57,60	8,80	1,60	0	1,20	Leggermente disturbato	
	A2	23,80	56,20	16,20	3,20	0,50	1,51	Leggermente disturbato	
	A3	34,80	49,60	13,00	2,60	0	1,25	Leggermente disturbato	
	A4	22,10	56,90	18,10	2,90	0	1,53	Leggermente disturbato	
	BO NW	49,50	31,60	15,30	2,30	1,20	1,11	Non disturbato	
	BO SE	84,40	11,70	3,10	0,80	0	0,31	Non disturbato	
	A5	41,70	39,40	12,90	4,50	1,50	1,27	Leggermente disturbato	
	A6	23,30	49,10	26,40	1,20	0	1,58	Leggermente disturbato	
	A7	28,20	58,80	9,40	3,50	0	1,32	Leggermente disturbato	
	A8	31,50	44,40	17,60	6,50	0	1,49	Leggermente disturbato	
	B1	24,30	52,30	19,60	3,70	0	1,54	Leggermente disturbato	
	B2	21,90	56,80	16,80	4,50	0	1,56	Leggermente disturbato	
	B3	24,30	57,20	15,80	2,60	0	1,45	Leggermente disturbato	
	B4	34,00	49,50	16,50	0	0	1,24	Leggermente disturbato	
	BO NE	44,80	33,90	15,10	3,10	3,10	1,29	Leggermente disturbato	
	BO SW	34,10	42,90	15,40	5,50	2,20	1,48	Leggermente disturbato	
	B5	31,70	42,00	21,50	2,40	2,40	1,53	Leggermente disturbato	
	B6	26,30	53,60	14,90	5,20	0	1,49	Leggermente disturbato	
	B7	27,50	53,70	15,00	3,80	0	1,43	Leggermente disturbato	
	B8	38,20	41,50	15,90	4,50	0	1,30	Leggermente disturbato	
	K1	22,90	44,80	27,10	5,20	0	1,72	Leggermente disturbato	
	K2	39,30	44,20	14,10	2,50	0	1,20	Non disturbato	
	K3	42,40	32,20	21,20	3,40	0,80	1,32	Leggermente disturbato	
	K4	26,20	54,80	17,90	1,20	0	1,41	Leggermente disturbato	
	4° Post lavori	A1	28,00	44,00	22,29	4,00	1,71	1,61	Leggermente disturbato
		A2	26,78	47,54	19,13	6,56	0	1,58	Leggermente disturbato
		A3	25,19	60,31	12,98	1,53	0	1,36	Leggermente disturbato
		A4	33,33	45,83	13,19	6,25	1,39	1,45	Leggermente disturbato
BO NW		32,35	41,18	19,12	6,86	0,49	1,53	Leggermente disturbato	
BO SE		55,02	29,19	11,96	3,83	0	0,97	Non disturbato	
A5		25,54	57,07	12,50	4,89	0	1,45	Leggermente disturbato	
A6		35,68	50,81	9,73	3,78	0	1,22	Leggermente disturbato	
A7		29,68	52,90	15,48	1,94	0	1,35	Leggermente disturbato	
A8		24,07	49,38	23,46	3,09	0	1,58	Leggermente disturbato	
B1		26,09	44,93	25,36	3,62	0	1,60	Leggermente disturbato	
B2		25,14	61,20	10,93	2,73	0	1,37	Leggermente disturbato	
B3		25,21	57,85	14,88	2,07	0	1,41	Leggermente disturbato	
B4		23,97	55,37	17,36	3,31	0	1,50	Leggermente disturbato	
BO NE		29,37	41,67	28,18	0,79	0	1,51	Leggermente disturbato	
BO SW		26,81	36,60	29,79	6,81	0	1,75	Leggermente disturbato	
B5		30,10	46,60	21,36	1,94	0	1,43	Leggermente disturbato	
B6		32,79	50,00	14,75	2,46	0	1,30	Leggermente disturbato	
B7		28,79	54,55	15,91	0,76	0	1,33	Leggermente disturbato	
B8		33,12	47,77	15,29	3,82	0	1,35	Leggermente disturbato	
K1		30,29	48,57	17,14	2,86	1,14	1,44	Leggermente disturbato	
K2		31,58	43,28	23,39	1,17	0,59	1,44	Leggermente disturbato	
K3		31,25	47,12	18,75	2,40	0,48	1,41	Leggermente disturbato	
K4		42,42	48,49	9,09	0	0	1,00	Non disturbato	
5° Post lavori		A1	33,20	10,00	52,80	3,70	0,30	1,92	Leggermente disturbato
		A2	30,40	8,60	54,70	6,20	0	2,05	Leggermente disturbato
		A3	23,00	11,50	59,50	6,00	0	2,23	Leggermente disturbato
		A4	37,90	18,20	36,20	7,70	0	1,71	Leggermente disturbato
	BO NW	46,80	11,40	37,50	3,80	0,50	1,50	Leggermente disturbato	
	BO SE	55,10	14,70	26,10	3,90	0,20	1,19	Non disturbato	
	A5	30,50	14,20	50,60	4,80	0,00	1,95	Leggermente disturbato	
	A6	32,40	15,50	46,70	4,80	0,50	1,88	Leggermente disturbato	
	A7	26,30	12,50	57,10	3,30	0,90	2,10	Leggermente disturbato	
	A8	31,50	15,10	48,30	4,30	0,80	1,92	Leggermente disturbato	
	B1	30,00	12,70	51,20	4,80	1,30	2,02	Leggermente disturbato	
	B2	29,10	13,50	52,60	4,70	0,20	2,00	Leggermente disturbato	
	B3	26,50	11,10	59,20	3,30	0	2,09	Leggermente disturbato	
	B4	33,00	20,70	40,20	5,80	0,20	1,79	Leggermente disturbato	
	BO NE	50,70	13,40	32,00	3,70	0,10	1,34	Leggermente disturbato	
	BO SW	54,80	15,90	25,90	3,30	0,10	1,17	Non disturbato	
	B5	33,80	13,50	45,20	7,50	0	1,90	Leggermente disturbato	
	B6	30,50	13,90	50,80	4,80	0	1,95	Leggermente disturbato	
	B7	25,50	16,60	54,10	2,90	0,80	2,05	Leggermente disturbato	
	B8	26,20	12,70	56,10	4,40	0,60	2,11	Leggermente disturbato	
	K1	22,40	14,80	55,30	6,40	1,20	2,24	Leggermente disturbato	
	K2	31,20	15,70	49,40	3,50	0,20	1,89	Leggermente disturbato	
	K3	31,50	18,50	44,20	4,80	1,00	1,88	Leggermente disturbato	
	K4	31,00	12,90	53,10	0,70	2,30	1,96	Leggermente disturbato	

Tab. 3- XLV – Continuo.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale	
6° Post lavori	A1	22,95	11,99	61,70	3,07	0,29	2,19	Leggermente disturbato	
	A2	25,45	10,29	59,93	3,97	0	2,15	Leggermente disturbato	
	A3	24,68	11,80	59,53	3,81	0	2,15	Leggermente disturbato	
	A4	34,24	10,29	51,45	3,86	0	1,88	Leggermente disturbato	
	BO NW	25,42	11,99	57,38	4,77	0,44	2,14	Leggermente disturbato	
	BO SE	74,64	10,88	13,04	1,42	0,02	0,62	Non disturbato	
	A5	31,21	10,56	53,48	4,76	0,00	1,98	Leggermente disturbato	
	A6	27,72	11,41	58,15	2,58	0,14	2,04	Leggermente disturbato	
	A7	21,92	13,70	60,58	3,50	0,30	2,20	Leggermente disturbato	
	A8	24,84	15,69	55,88	3,27	0,33	2,08	Leggermente disturbato	
	B1	27,38	10,08	57,08	5,45	0,00	2,11	Leggermente disturbato	
	B2	24,65	13,61	57,21	4,54	0,00	2,12	Leggermente disturbato	
	B3	26,01	11,66	57,10	5,08	0	2,13	Leggermente disturbato	
	B4	29,52	12,93	53,61	3,54	0,41	1,99	Leggermente disturbato	
	BO NE	34,17	17,09	43,42	5,04	0,28	1,80	Leggermente disturbato	
	BO SW	25,76	7,52	62,65	4,08	0,00	2,18	Leggermente disturbato	
	B5	24,87	12,23	58,74	4,17	0	2,13	Leggermente disturbato	
	B6	28,78	10,32	57,12	3,63	0	2,04	Leggermente disturbato	
	B7	28,45	13,49	53,96	3,52	0,59	2,02	Leggermente disturbato	
	B8	23,15	11,34	61,11	3,47	0,93	2,22	Leggermente disturbato	
	K1	23,95	17,80	52,75	5,50	0,00	2,10	Leggermente disturbato	
	K2	22,91	10,84	61,46	4,26	0,53	2,23	Leggermente disturbato	
	K3	30,88	13,92	50,72	3,84	0,64	1,94	Leggermente disturbato	
	K4	22,98	10,28	64,11	1,97	0,66	2,21	Leggermente disturbato	
	7° Post lavori	A1	20,10	9,20	68,40	2,30	0	2,29	Leggermente disturbato
		A2	21,50	13,30	61,30	3,90	0	2,21	Leggermente disturbato
		A3	25,40	13,40	58,10	3,10	0	2,08	Leggermente disturbato
		A4	29,80	12,20	54,00	3,70	0	1,99	Leggermente disturbato
BO NW		26,90	10,20	59,20	3,60	0,10	2,10	Leggermente disturbato	
BO SE		52,30	14,00	30,80	2,80	0	1,26	Leggermente disturbato	
A5		25,50	11,20	60,50	2,60	0,20	2,11	Leggermente disturbato	
A6		22,00	10,70	65,20	2,10	0	2,21	Leggermente disturbato	
A7		21,30	11,80	64,90	2,10	0	2,22	Leggermente disturbato	
A8		23,80	13,10	60,40	2,70	0	2,13	Leggermente disturbato	
B1		21,30	8,60	66,70	3,50	0	2,29	Leggermente disturbato	
B2		17,80	8,80	71,80	1,60	0	2,36	Leggermente disturbato	
B3		23,00	9,50	64,40	2,90	0	2,22	Leggermente disturbato	
B4		23,40	11,80	61,30	2,90	0,60	2,18	Leggermente disturbato	
BO NE		40,30	12,10	45,20	2,30	0,10	1,65	Leggermente disturbato	
BO SW		24,40	10,30	61,90	3,50	0	2,17	Leggermente disturbato	
B5		23,10	8,30	65,80	2,80	0	2,23	Leggermente disturbato	
B6		28,70	8,10	58,90	3,80	1	2,09	Leggermente disturbato	
B7		27,20	10,40	60,40	1,50	0,30	2,06	Leggermente disturbato	
B8		24,50	9,90	63,60	1,70	0,30	2,15	Leggermente disturbato	
K1		33,60	10,40	52,00	4,10	0	1,90	Leggermente disturbato	
K2		25,00	11,80	59,60	3,50	0,10	2,13	Leggermente disturbato	
K3		24,30	12,90	60,30	2,30	0,20	2,12	Leggermente disturbato	
K4		26,90	10,40	59,90	2,20	0,60	2,09	Leggermente disturbato	
8° Post lavori		A1	27,10	48,70	19,20	4,30	1	1,54	Leggermente disturbato
		A2	25,70	54,40	17,80	2,10	0	1,44	Leggermente disturbato
		A3	34,60	45,50	16,00	3,70	0	1,34	Leggermente disturbato
		A4	26,60	53,30	16,90	2,60	1	1,46	Leggermente disturbato
	BO NW	40,40	45,20	11,30	2,50	0,70	1,17	Non disturbato	
	BO SE	26,10	57,40	14,00	2,30	0	1,40	Leggermente disturbato	
	A5	23,30	56,80	16,60	3,20	0,10	1,50	Leggermente disturbato	
	A6	24,10	57,10	15,00	3,70	0	1,48	Leggermente disturbato	
	A7	21,00	61,40	15,30	2,10	0	1,48	Leggermente disturbato	
	A8	22,10	59,40	16,00	2,40	0	1,48	Leggermente disturbato	
	B1	30,10	54,30	12,80	2,40	0	1,33	Leggermente disturbato	
	B2	25,90	54,70	17,00	1,80	1	1,45	Leggermente disturbato	
	B3	29,30	52,30	15,80	2,60	0	1,38	Leggermente disturbato	
	B4	33,50	50,50	14,20	1,60	0,10	1,27	Leggermente disturbato	
	BO NE	27,20	57,30	12,70	2,60	0,30	1,37	Leggermente disturbato	
	BO SW	24,00	59,40	14,50	2,10	0	1,42	Leggermente disturbato	
	B5	26,10	57,20	14,30	2,00	0	1,40	Leggermente disturbato	
	B6	26,50	55,80	14,80	2,90	0	1,41	Leggermente disturbato	
	B7	23,60	55,50	18,20	2,30	0,40	1,51	Leggermente disturbato	
	B8	25,60	54,80	17,20	2,00	0,40	1,45	Leggermente disturbato	
	K1	21,40	65,10	12,20	0,90	0	1,40	Leggermente disturbato	
	K2	23,70	57,70	16,40	1,80	0,40	1,46	Leggermente disturbato	
	K3	34,40	42,60	18,60	4,00	0,40	1,40	Leggermente disturbato	
	K4	27,70	54,80	14,60	2,40	0,50	1,40	Leggermente disturbato	

Tab. 3- XLVI – Valori dell'indice BENTIX ottenuti per i siti monitorati nell'intero periodo.

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale		Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale		Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale	
Presurvey	A3	4,12	Leggermente disturbato	1° Post lavori	A1	3,60	Leggermente disturbato	2° Post lavori	A1	4,20	Leggermente disturbato	
	BO NW	4,00	Leggermente disturbato		A2	3,47	Moderatamente disturbato		A2	3,73	Leggermente disturbato	
	BO SE	4,05	Leggermente disturbato		A3	3,40	Moderatamente disturbato		A3	3,66	Leggermente disturbato	
	A6	3,98	Leggermente disturbato		A4	3,61	Leggermente disturbato		A4	3,78	Leggermente disturbato	
	B3	3,95	Leggermente disturbato		BO NW	3,46	Moderatamente disturbato		BO NW	4,16	Leggermente disturbato	
	BO NE	3,73	Leggermente disturbato		BO SE	4,12	Leggermente disturbato		BO SE	4,16	Leggermente disturbato	
	BO SW	3,75	Leggermente disturbato		A5	3,30	Moderatamente disturbato		A5	3,77	Leggermente disturbato	
	B6	4,43	Leggermente disturbato		A6	3,25	Moderatamente disturbato		A6	3,59	Leggermente disturbato	
	K1	3,71	Leggermente disturbato		A7	3,43	Moderatamente disturbato		A7	3,77	Leggermente disturbato	
	K2	3,68	Leggermente disturbato		A8	2,87	Moderatamente disturbato		A8	3,35	Moderatamente disturbato	
	K3	3,44	Moderatamente disturbato		B1	3,16	Moderatamente disturbato		B1	3,86	Leggermente disturbato	
	K4	3,90	Leggermente disturbato		B2	3,88	Leggermente disturbato		B2	3,74	Leggermente disturbato	
	Durante lavori	A3	5,22		Non disturbato	B3	3,75		Leggermente disturbato	B3	3,07	Moderatamente disturbato
		BO NW	5,51		Non disturbato	B4	3,54		Leggermente disturbato	B4	3,23	Moderatamente disturbato
BO SE		4,14	Leggermente disturbato	BO NE	3,27	Moderatamente disturbato	BO NE	3,42	Moderatamente disturbato			
A6		4,39	Leggermente disturbato	BO SW	4,36	Leggermente disturbato	BO SW	4,24	Leggermente disturbato			
B3		4,08	Leggermente disturbato	B5	3,98	Leggermente disturbato	B5	3,65	Leggermente disturbato			
BO NE			Non campionata	B6	3,47	Moderatamente disturbato	B6	3,89	Leggermente disturbato			
BO SW		4,75	Non disturbato	B7	3,55	Leggermente disturbato	B7	3,35	Moderatamente disturbato			
B6		4,79	Non disturbato	B8	3,46	Moderatamente disturbato	B8	3,75	Leggermente disturbato			
K1		4,27	Leggermente disturbato	K1	3,77	Leggermente disturbato	K1	3,71	Leggermente disturbato			
K2		4,19	Leggermente disturbato	K2	3,86	Leggermente disturbato	K2	3,59	Leggermente disturbato			
K3		3,97	Leggermente disturbato	K3	3,60	Leggermente disturbato	K3	3,91	Leggermente disturbato			
K4		4,58	Non disturbato	K4	3,16	Moderatamente disturbato	K4	3,45	Moderatamente disturbato			

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale		Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale		Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
3° Post lavori	A1	3,60	Leggermente disturbato	4° Post lavori	A1	3,40	Moderatamente disturbato	5° Post lavori	A1	3,62	Leggermente disturbato
	A2	3,38	Moderatamente disturbato		A2	3,13	Moderatamente disturbato		A2	3,45	Moderatamente disturbato
	A3	4,16	Leggermente disturbato		A3	3,38	Moderatamente disturbato		A3	3,22	Moderatamente disturbato
	A4	3,22	Moderatamente disturbato		A4	3,70	Leggermente disturbato		A4	3,83	Leggermente disturbato
	BO NW	4,42	Leggermente disturbato		BO NW	3,64	Leggermente disturbato		BO NW	4,11	Leggermente disturbato
	BO SE	5,55	Non disturbato		BO SE	4,55	Non disturbato		BO SE	4,44	Leggermente disturbato
	A5	4,06	Leggermente disturbato		A5	3,52	Leggermente disturbato		A5	3,61	Leggermente disturbato
	A6	3,16	Moderatamente disturbato		A6	3,48	Moderatamente disturbato		A6	3,59	Leggermente disturbato
	A7	3,41	Moderatamente disturbato		A7	3,56	Leggermente disturbato		A7	3,36	Moderatamente disturbato
	A8	3,45	Moderatamente disturbato		A8	3,56	Leggermente disturbato		A8	3,64	Leggermente disturbato
	B1	3,45	Moderatamente disturbato		B1	3,38	Moderatamente disturbato		B1	3,50	Moderatamente disturbato
	B2	3,22	Moderatamente disturbato		B2	3,72	Leggermente disturbato		B2	3,48	Moderatamente disturbato
	B3	3,50	Leggermente disturbato		B3	3,20	Moderatamente disturbato		B3	3,29	Moderatamente disturbato
	B4	3,98	Leggermente disturbato		B4	3,51	Leggermente disturbato		B4	3,79	Leggermente disturbato
BO NE	4,36	Leggermente disturbato	BO NE	3,65	Leggermente disturbato	BO NE	4,26	Leggermente disturbato			
BO SW	3,96	Leggermente disturbato	BO SW	3,34	Moderatamente disturbato	BO SW	4,41	Leggermente disturbato			
B5	3,53	Leggermente disturbato	B5	3,69	Leggermente disturbato	B5	3,63	Leggermente disturbato			
B6	3,32	Moderatamente disturbato	B6	3,54	Leggermente disturbato	B6	3,58	Leggermente disturbato			
B7	3,47	Moderatamente disturbato	B7	3,59	Leggermente disturbato	B7	3,41	Moderatamente disturbato			
B8	3,63	Leggermente disturbato	B8	3,65	Leggermente disturbato	B8	3,35	Moderatamente disturbato			
K1	3,54	Leggermente disturbato	K1	3,68	Leggermente disturbato	K1	3,48	Moderatamente disturbato			
K2	3,73	Leggermente disturbato	K2	3,61	Leggermente disturbato	K2	3,60	Leggermente disturbato			
K3	3,86	Leggermente disturbato	K3	3,34	Moderatamente disturbato	K3	3,68	Leggermente disturbato			
K4	3,21	Moderatamente disturbato	K4	3,70	Leggermente disturbato	K4	3,61	Leggermente disturbato			

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale		Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale		Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
6° Post lavori	A1	3,20	Moderatamente disturbato	7° Post lavori	A1	2,94	Moderatamente disturbato	8° Post lavori	A1	3,26	Moderatamente disturbato
	A2	3,28	Moderatamente disturbato		A2	3,15	Moderatamente disturbato		A2	3,25	Moderatamente disturbato
	A3	3,35	Moderatamente disturbato		A3	3,29	Moderatamente disturbato		A3	3,58	Leggermente disturbato
	A4	3,59	Leggermente disturbato		A4	3,39	Moderatamente disturbato		A4	3,25	Moderatamente disturbato
	BO NW	3,25	Moderatamente disturbato		BO NW	3,19	Moderatamente disturbato		BO NW	2,98	Moderatamente disturbato
	BO SE	5,30	Non disturbato		BO SE	4,02	Leggermente disturbato		BO SE	3,16	Moderatamente disturbato
	A5	3,42	Moderatamente disturbato		A5	3,19	Moderatamente disturbato		A5	3,05	Moderatamente disturbato
	A6	3,32	Moderatamente disturbato		A6	3,15	Moderatamente disturbato		A6	3,15	Moderatamente disturbato
	A7	3,28	Moderatamente disturbato		A7	3,05	Moderatamente disturbato		A7	2,94	Moderatamente disturbato
	A8	3,45	Moderatamente disturbato		A8	3,14	Moderatamente disturbato		A8	3,06	Moderatamente disturbato
	B1	3,31	Moderatamente disturbato		B1	3,03	Moderatamente disturbato		B1	3,33	Moderatamente disturbato
	B2	3,24	Moderatamente disturbato		B2	2,80	Moderatamente disturbato		B2	3,16	Moderatamente disturbato
	B3	3,21	Moderatamente disturbato		B3	3,04	Moderatamente disturbato		B3	3,29	Moderatamente disturbato
	B4	3,48	Moderatamente disturbato		B4	3,17	Moderatamente disturbato		B4	3,51	Leggermente disturbato
BO NE	3,72	Leggermente disturbato	BO NE	3,63	Leggermente disturbato	BO NE	3,13	Moderatamente disturbato			
BO SW	3,11	Moderatamente disturbato	BO SW	3,02	Moderatamente disturbato	BO SW	3,14	Moderatamente disturbato			
B5	3,27	Moderatamente disturbato	B5	3,05	Moderatamente disturbato	B5	3,15	Moderatamente disturbato			
B6	3,45	Moderatamente disturbato	B6	3,30	Moderatamente disturbato	B6	3,27	Moderatamente disturbato			
B7	3,44	Moderatamente disturbato	B7	3,32	Moderatamente disturbato	B7	3,04	Moderatamente disturbato			
B8	3,27	Moderatamente disturbato	B8	3,11	Moderatamente disturbato	B8	3,28	Moderatamente disturbato			
K1	3,39	Moderatamente disturbato	K1	3,50	Moderatamente disturbato	K1	3,10	Moderatamente disturbato			
K2	3,24	Moderatamente disturbato	K2	3,26	Moderatamente disturbato	K2	3,12	Moderatamente disturbato			
K3	3,49	Moderatamente disturbato	K3	3,22	Moderatamente disturbato	K3	3,57	Leggermente disturbato			
K4	3,19	Moderatamente disturbato	K4	3,26	Moderatamente disturbato	K4	3,22	Moderatamente disturbato			

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

	Stazione	W Classificazione ambientale	AMBI Classificazione ambientale	BENTIX Classificazione ambientale	Stato ecologico
Pre-survey	A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO NW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO NE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO SW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K1	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	K2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K3	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	K4	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
Durante lavori	A3	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
	BO NW	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
	BO SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO NE	Non campionata			
	BO SW	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
	B6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
	K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K2	Moderatamente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K4	Leggermente disturbato	Non disturbato	Non disturbato	alto/buono
1° Post lavori	A1	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	A2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	A4	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	BO NW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	BO SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	A5	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	A7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	A8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	B1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	B2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO NE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	BO SW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	B7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
2° Post lavori	A1	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	A2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	A3	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	A4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO NW	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	BO SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	A5	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	A6	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	A7	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	A8	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	B1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B2	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	B4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	BO NE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	BO SW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	B7	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	B8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K2	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	K3	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	K4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato

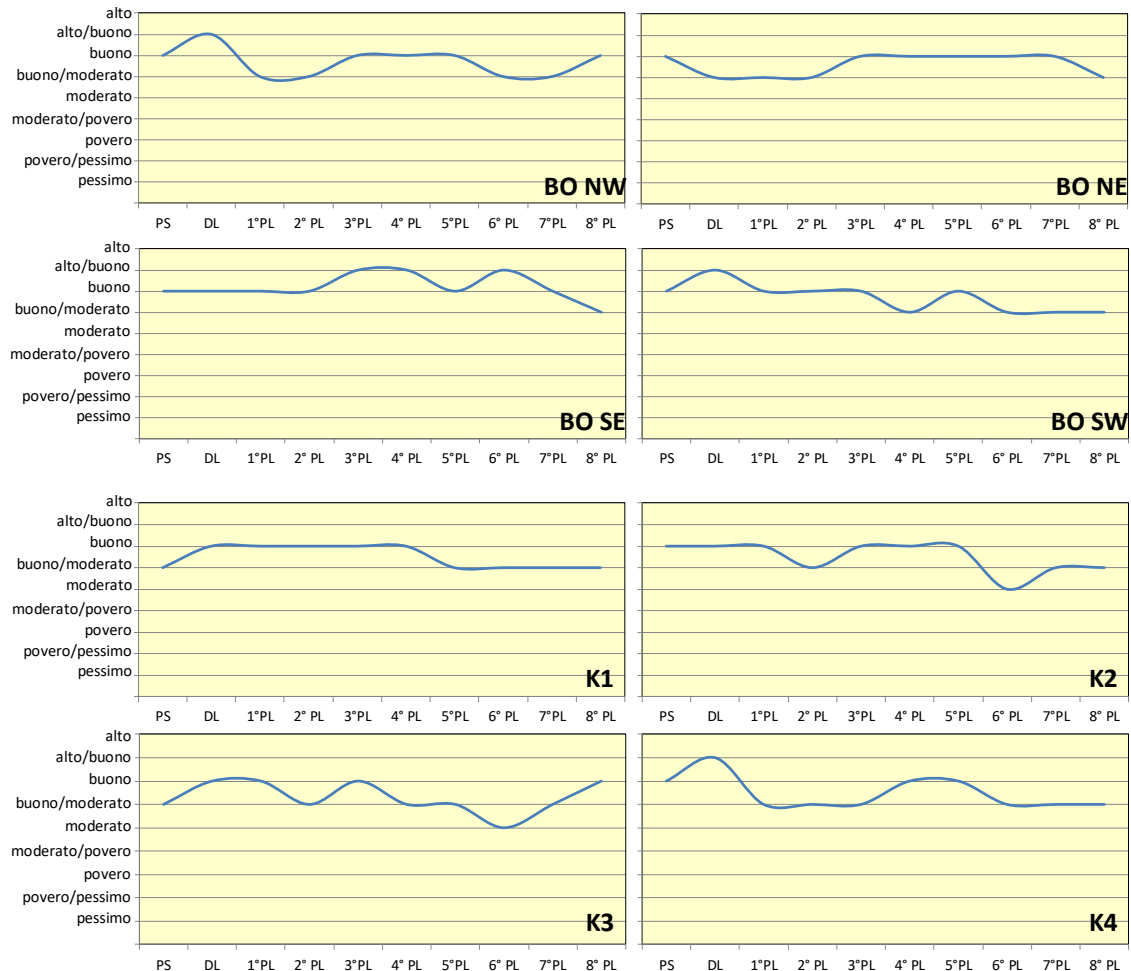


Fig. 3.70 - Andamento dello stato ecologico nei siti CL adiacenti alla piattaforma e nei controlli.

3.7.9. *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

I primi dati disponibili risalgono all'estate 2017. Nel 2016 (1° anno di produzione di Bonaccia NW), infatti, non erano stati rinvenuti esemplari di mitilo adesi alle parti sommerse della piattaforma, mentre nell'inverno 2017 ENI aveva provveduto alla pulizia dei piloni prima che venisse effettuato il campionamento.

Il campione prelevato nell'estate 2017 dalle parti sommerse della piattaforma Bonaccia NW era costituito da 35 esemplari, corrispondenti a 2,2 ind/dm², e aveva un peso fresco di 0,3 kg. Il range di taglia era compreso tra 4 e 64 mm LC e 17 esemplari, corrispondenti al 49% circa del campione, avevano raggiunto o superato la taglia minima commerciale di 50 mm LC (fig. 3.71). In quel campionamento si distinguevano due coorti ben distinte: una

rappresentata da individui di taglia compresa tra 4 e 20 mm LC e classe modale a 12 mm LC, l'altra costituita da mitili aventi lunghezza della conchiglia tra 46 e 64 mm LC con classe modale a 54 mm LC.

Nell'inverno 2018 i 223 esemplari raccolti, corrispondenti a 14 ind/dm², avevano un peso fresco di 2,8 kg. Il range di taglia era compreso tra 4 e 74 mm LC e apparivano ancora ben distinte le due coorti individuate nell'estate precedente, la prima rappresentata da individui di taglia 4 - 34 mm LC e classi modali a 8 e 10 mm LC, l'altra costituita da mitili aventi lunghezza della conchiglia tra 40 e 74 mm LC con classe modale a 64 mm LC. 88 esemplari, corrispondenti al 39% del campione, aveva raggiunto o superato la taglia commerciale di 50 mm LC.

Il campione estivo era risultato molto più scarso, essendo costituito da soli 35 esemplari, corrispondenti a 2,2 ind/dm² (peso fresco di 900 g). Le taglie erano comprese compreso tra 14 e 78 mm LC e 26 esemplari, corrispondenti al 74% circa del campione, avevano raggiunto o superato la taglia minima commerciale di 50 mm LC. Analogamente ai campionamenti precedenti erano individuabili due coorti ben distinte: una rappresentata da individui di taglia compresa tra 14 e 26 mm LC, l'altra costituita da mitili aventi lunghezza della conchiglia tra 42 e 78 mm LC.

Nell'inverno 2019 sono stati prelevati 49 esemplari, corrispondenti a 3 ind/dm², con peso fresco pari a 700 g. Il range di taglia è risultato compreso tra 20 e 80 mm LC con classe modale a 40 mm LC. Il 45% degli esemplari (22), aveva raggiunto o superato la taglia commerciale di 50 mm LC.

Infine, nell'estate 2019 sono stati raccolti 100 esemplari (6,25 ind/dm²) aventi un peso complessivo fresco di 3,1 kg. Il range è oscillato tra 10 e 86 mm LC con classe modale a 76 mm LC. Il 96% del campione aveva raggiunto o superato la taglia di 50 mm LC. In questo campionamento sembrano essere presenti ancora le due coorti individuate precedentemente e aumentate di taglia, oltre a un piccolo, nuovo reclutamento.

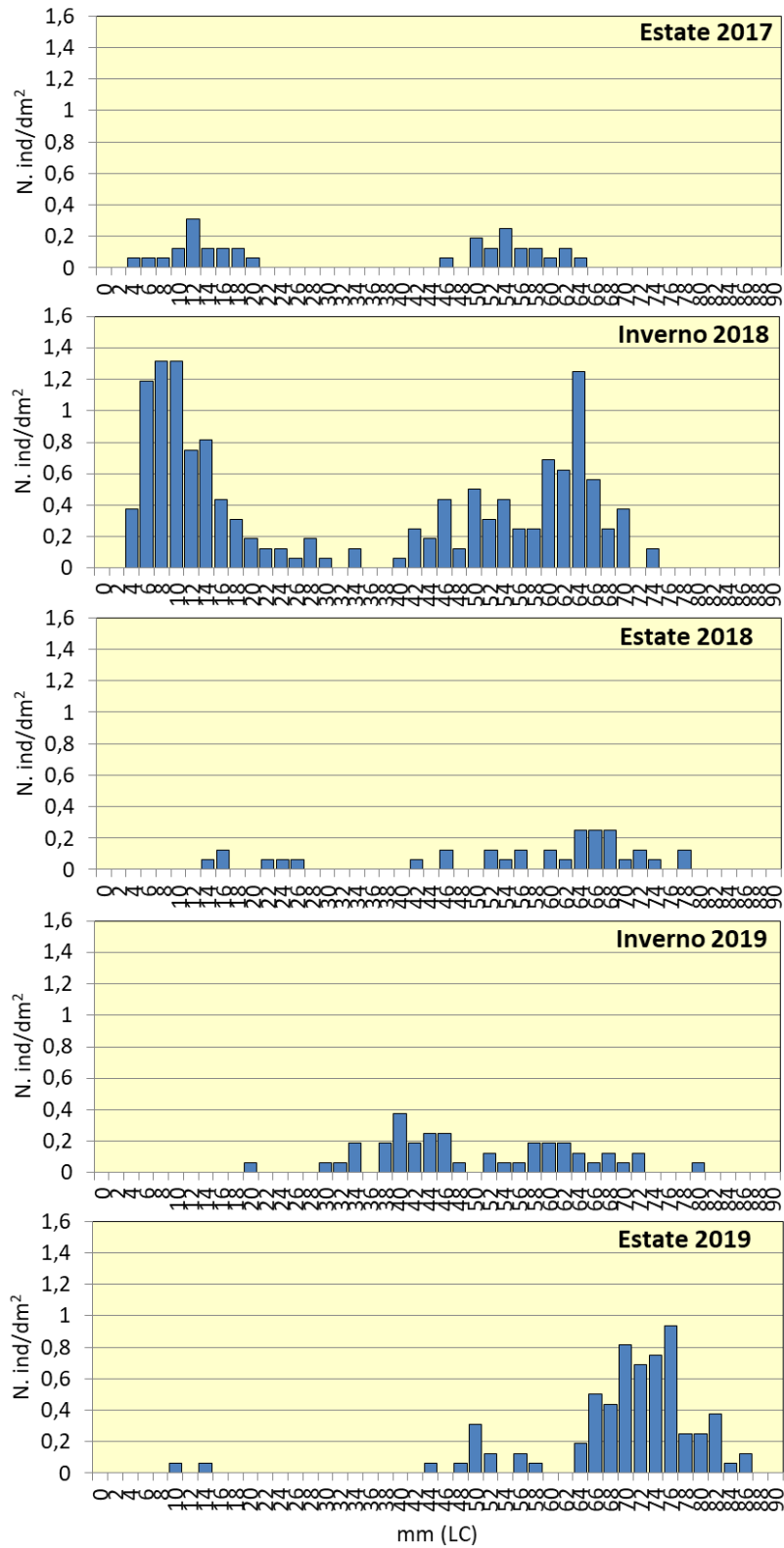


Fig. 3.71 - Distribuzione di frequenza delle lunghezze degli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati dalle parti sommerse di Bonaccia NW dall'estate 2017 all'estate 2019.

3.8. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

3.8.1. CAMPIONAMENTI DI PESCA

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

Nel corso dei campionamenti di pesca condotti nell'intero periodo di indagine sono state censite complessivamente 63 specie: 50 pesci, 5 molluschi e 8 crostacei.

Di queste, 58 (47 pesci, 5 molluschi e 6 crostacei) sono comparse nelle catture effettuate nei pressi della piattaforma e 36 specie in ciascun controllo (C1: 28 pesci, 2 molluschi e 6 crostacei; C2: 31 pesci, 2 molluschi e 3 crostacei; Tabb. 3-XLVIII – 3-L). Esclusivamente presso il sito di estrazione sono stati censiti i molluschi *Aequipecten opercularis*, *Octopus vulgaris* e *Illex coindetii*, i crostacei *Calappa granulata* e *Dromia personata* e i pesci *Belone belone*, *Conger conger*, *Eutrigla gurnardus*, *Liza ramado*, *Lophius piscatorius*, *Mullus surmuletus*, *Polyprion americanus*, *Raja miraletus*, *Scophthalmus rhombus*, *Scorpaena porcus*, *Seriola dumerili*, *Serranus hepatus*, *Spicara smaris* e *Spondilyosoma cantharus*. Per quanto riguarda i siti di controllo, in C1 sono state registrate le catture esclusive dei crostacei *Munida rugosa* e *Scyllarus arctus* e del pesce *Zeus faber*, mentre in C2 si è osservata la cattura esclusiva di *Psetta maxima*.

La Ricchezza specifica totale media (S_{totm}) è risultata statisticamente superiore presso la piattaforma rispetto ai controlli, con una differenza altamente significativa tra sito di estrazione e riferimenti (Tabb. 3-LI e 3-LII).

Nei pressi della piattaforma S_{mstag} ha registrato oscillazioni stagionali ripetutesi negli anni ad eccezione dell'ultimo che è stato caratterizzato da un incremento dall'inverno all'autunno (fig. 3.72). Il massimo assoluto è stato rilevato in inverno 2017 ($15,67 \pm 3,48$), comunque confrontabile con diversi altri valori a causa dell'elevato errore standard, il minimo nella stessa stagione del 2019 ($4,50 \pm 2,03$), molto simile a quanto rilevato nell'estate 2018 ($4,67 \pm 0,33$). Entrambi questi valori minimi sono gli unici a essere comparabili rispettivamente con quello registrato in C1 e in C2.

Riguardo ai riferimenti, i valori sono apparsi comparabili tra loro per tutto il periodo di monitoraggio ad eccezione dell'inverno 2016 e dell'estate 2018 e sempre inferiori a quelli di Bonaccia NW con le due eccezioni descritte sopra.

Anche la Diversità specifica totale media (H'_{totm}) è risultata statisticamente superiore presso la piattaforma rispetto ai controlli (Tabb. 3-LI e 3-LII).

Tab. 3-XLVIII - Continuo.

Bonaccia NW			2016								2017								2018								2019								TOTALE		
			I		P		E		A		I		P		E		A		I		P		E		A		I		P		E		A		N.ind.	P(Kg)	
			N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)			
Pesci																																					
<i>Boops boops</i>	P	PA	268,54	17,09	176,91	12,72	183,24	13,91	27,13	1,64	560,87	35,42	38,05	2,48	34,05	2,68	14,65	1,14	146,01	9,68	11,75	1,11	11,97	1,14	73,36	5,60	4,57	0,24	10,67	1,13	213,59	17,99	77,20	5,91	1852,57	129,88	
<i>Liza ramado</i>	P	PA					2,11	0,92																												2,11	0,92
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA	74,16	12,56	3,71	0,81	24,28	5,75	16,94	3,16	27,51	6,20	12,00	1,68	80,90	12,94																				695,78	159,09
<i>Scomber scombrus</i>	P	PA	9,19	1,52																																15,44	2,52
<i>Spicara maena</i>	P	PA			7,58	0,26			2,82	0,08	7,42	0,23			6,91	0,24																				1,68	0,03
<i>Spicara smaris</i>	P	PA																																		1,68	0,03
<i>Trachurus mediterraneus</i>	P	PA	75,53	5,44					19,76	1,19	23,12	2,04			3,61	0,43			25,17	1,87	1,68	0,06							2,22	0,32					151,10	11,34	
<i>Trachurus picturatus</i>	P	PA					38,43	6,42			193,91	30,31	89,68	14,73	30,68	3,76	12,13	1,85	45,31	5,56	10,07	1,33	10,00	1,25	1,68	0,24	69,68	11,34	45,38	8,21	31,89	4,48	1,68	0,26	580,51	89,73	
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA	329,05	18,84	44,54	2,33	13,69	1,49	48,00	2,57	235,27	15,16	25,58	2,01	45,03	3,27	1,86	0,08	478,32	38,71	78,88	5,29			31,73	2,59	34,95	3,58	7,04	0,74	41,77	3,16	65,45	5,90	1481,16	105,73	
Pesci Totale			1074,81	88,70	293,52	31,41	377,85	66,66	154,22	18,40	1152,12	117,45	267,47	51,72	266,63	38,62	57,22	10,70	924,76	84,31	473,29	108,49	89,82	19,23	167,63	19,16	125,49	20,25	214,98	37,34	403,93	54,76	240,00	29,58	6283,73	796,78	
Totale complessivo			1101,82	89,25	302,69	32,21	404,31	75,84	163,26	21,75	1195,90	124,03	290,53	61,22	284,67	39,13	59,03	13,19	946,57	88,44	483,36	112,94	100,98	20,55	179,83	19,85	125,49	20,25	222,80	39,87	406,35	54,78	250,07	37,49	6517,66	850,80	

Tab. 3-XLIX – Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso in **Controllo C1** condotti nell'intero periodo. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

C1	2016								2017								2018								2019								TOTALE			
	I		P		E		A		I		P		E		A		I		P		E		A		N.ind.	P(Kg)										
	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)	N.ind.	P(Kg)												
Crostacei																																				
<i>Scyllarus arctus</i>	B	AT			2,40	0,10																					2,40	0,10								
<i>Maja squinado</i>	B	NA																									2,12	2,00								
<i>Munida rugosa</i>	B	NA	2,55	0,06																							2,55	0,06								
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA			4,58	0,50						1,71	0,11														6,30	0,61								
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA	2,82	0,01	2,11	0,01	2,18	0,02			6,99	0,03												1,69	0,02		2,12	0,02								
<i>Squilla mantis</i>	B	NA					2,35	0,11			2,35	0,06															3,43	0,09								
Crostacei Totale			5,38	0,07	9,09	0,60	2,18	0,02	2,35	0,11	9,34	0,09															1,69	0,02	4,25	2,02	39,42	3,13				
Molluschi																																				
<i>Cassidaria echinophora</i>	B	NA								2,35	0,18																	2,35	0,18							
<i>Eledone cirrhosa</i>	B	PA																										1,69	0,30							
Molluschi Totale										2,35	0,18																1,69	0,30	4,04	0,47						
Pesci																																				
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	2,47	0,09	2,11	0,04	2,18	0,11																							14,28	0,73				
<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT																													1,69	0,45				
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA					1,09	0,11								5,07	1,30													1,69	0,49					
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA							2,33	0,12																					2,47	0,04				
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	B	NA									2,47	0,04																			1,68	0,04				
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA	2,55	1,01			1,81	0,55																							3,38	0,10				
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA			2,18	0,17																									2,03	0,83				
<i>Raja asterias</i>	B	NA					2,26	1,52																							3,68	1,01				
<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA	2,55	1,31	4,80	1,69			5,45	1,31																					5,03	4,12				
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	B	NA					2,18	7,85																							1,69	0,12				
<i>Solea solea</i>	B	NA																													6,57	2,26				
<i>Tarpedo marmorata</i>	B	NA																														1,69	0,24			
<i>Trachinus draco</i>	B	NA																														1,69	1,53			
<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA																														1,71	0,14			
<i>Phycis phycis</i>	B	PA																														1,76	0,34			
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	7,77	3,19	4,36	2,45	6,71	2,74	1,09	0,43	2,67	1,13	9,37	2,51	7,06	2,44	1,76	1,04														5,07	1,77			
<i>Mustelus mustelus</i>	NB	NA	2,82	11,29																												5,07	0,89			
<i>Pagellus acarne</i>	NB	NA																														5,03	2,00			
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA																														3,38	0,55			
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA																														5,07	1,23			
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	2,55	0,07			4,45	0,10																								2,18	0,42			
<i>Zeus faber</i>	NB	PA			2,40	0,05																										4,39	0,13			
<i>Alosa fallax fallax</i>	P	NA																															1,85	0,05		
<i>Auxis rochei rochei</i>	P	NA																															2,31	1,20		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	5,65	0,08																													10,43	0,24		
<i>Spicara maena</i>	P	PA																																1,76	0,03	
<i>Trachurus picturatus</i>	P	PA																															3,53	0,06		
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA																															1,64	0,12		
Pesci Totale			26,38	17,04	15,85	4,40	19,60	12,87	7,64	1,86	28,53	3,03	21,74	6,00	27,78	9,52	5,46	1,09	18,59	4,44	15,12	2,51	35,50	12,43	34,41	6,93	15,33	2,97	24,36	3,02	23,72	9,47	52,39	16,12	372,39	113,72
Totale complessivo			31,75	17,12	24,94	5,00	21,78	12,89	9,99	1,97	40,22	3,30	21,74	6,00	32,92	9,72	5,46	1,09	18,59	4,44	15,12	2,51	35,50	12,43	37,79	7,25	15,33	2,97	28,61	5,04	23,72	9,47	52,39	16,12	415,86	117,32

Tab. 3-LI - Valori medi (\pm e.s.) ottenuti per i vari indici nell'intero periodo di indagine presso la piattaforma Bonaccia NW e le due aree di controllo. N = n. ind/500m/12h; P = kg/500m/12h.

	Bonaccia NW	C1	C2
S_m	10,4 \pm 0,60	2,86 \pm 0,26	3,34 \pm 0,29
H'_m	0,71 \pm 0,2	0,34 \pm 0,3	0,40 \pm 0,4
N_m	141,68 \pm 23,45	9,4 \pm 1,4	11,38 \pm 1,62
P_m	18,49 \pm 2,63	2,55 \pm 0,40	3,5 \pm 0,54

Tab. 3-LII – Risultati dell'analisi della varianza applicata ai valori di Ricchezza specifica (S), Diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P). g.l = gradi di libertà; **; >> = altamente significativo; > = significativo (C1 = Controllo 1; C2 = Controllo 2; P = Piattaforma).

Indici		Sm		H'		N		P	
Fattore	g.l.	Anova	Comp.test	K-W	Comp.test	Anova	Comp.test	Anova	Comp.test
Sito	2	<0,001**	P> C1;C2	<0,001**	P> C1;C2	<0,001**	P> C1;C2	<0,001**	P> C1;C2
Anno	3	Anova		Anova		Anova		Anova	
		0,876		0,516		0,769		0,786	
SitoXAnno	6	Anova 2 vie							
		0,738		0,553		0,819		0,592	

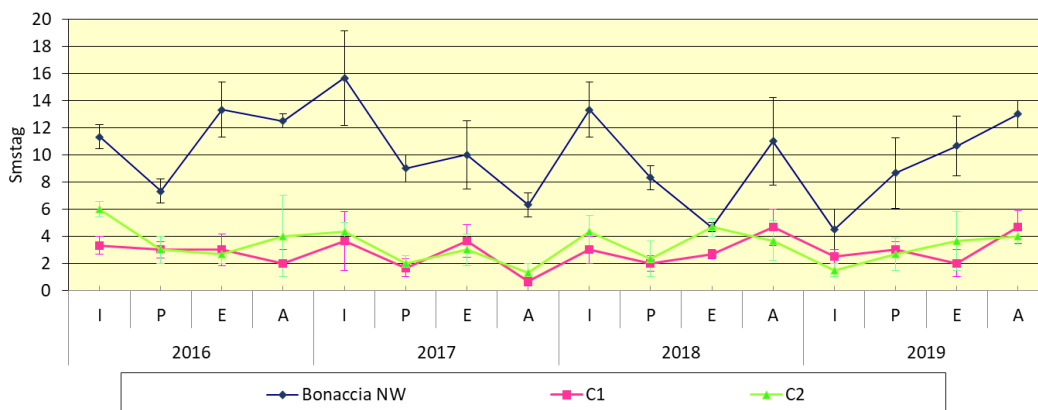


Fig. 3.72 - Ricchezza specifica media stagionale (\pm e.s.) ottenuta per la piattaforma e i due siti di controllo. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Anche per questo indice l'andamento della piattaforma, ma anche quelli dei riferimenti, è stato piuttosto altalenante (fig. 3.73). A causa dell'elevata variabilità presente praticamente ovunque i valori stagionali relativi a Bonaccia NW sono stati superiori a quelli di uno o entrambi i controlli solo in due stagioni del 2016 (estate e autunno), in 3 del 2017, in primavera 2018 e in primavera e autunno del 2019. L'indice è risultato nullo in C1 nell'autunno 2017 a causa del rinvenimento nelle catture di due sole specie (Tab. 3-XLIX).

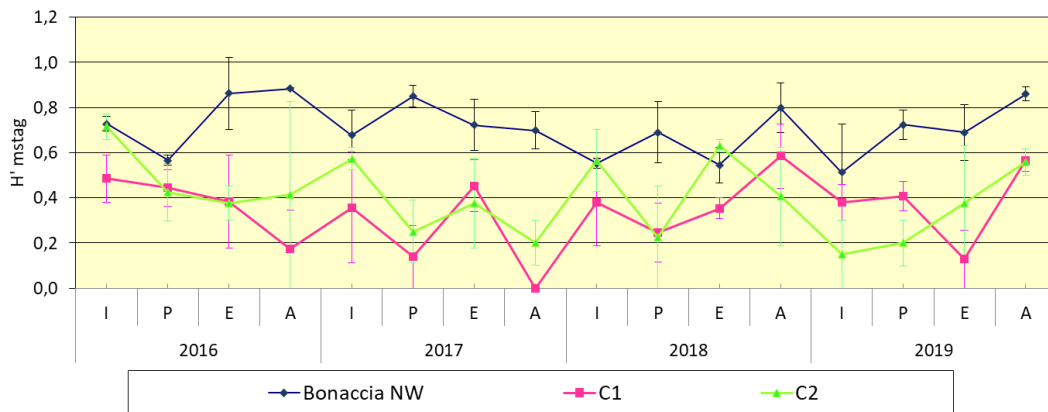


Fig. 3.73 - Diversità specifica media stagionale (\pm e.s.) ottenuta per la piattaforma e i due siti di controllo. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

3.8.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture

Anche i rendimenti di pesca sia numerici che ponderali ottenuti nell'intero periodo presso la piattaforma sono risultati stasticamente superiori rispetto ai controlli, con differenze altamente significative in entrambi i casi (Tabb. 3-LI e 3-LII).

Le variazioni stagionali dei rendimenti in numero presso la piattaforma sono state importanti (fig. 3.74): nei primi tre anni sono stati registrati picchi in inverno (2016: $367,27 \pm 140,11$; 2017: $398,63 \pm 118,22$; 2018: $315,52 \pm 163,72$ n.ind/500m/12h), seguiti da netti decrementi in primavera eccetto nel 2018, mentre nel 2019 il trend è risultato più lineare con un lieve aumento in estate ($135,45 \pm 21,10$ n.ind/500m/12h). I valori elevati registrati nei primi tre anni sono stati una conseguenza, in larga misura, delle catture di pesci pelagici a comportamento gregario come *Boops boops*, *Scomber japonicus* e *Trachurus trachurus* (Tab. 3-XLVIII). Solo in autunno 2017 e in primavera 2018 quanto ottenuto in piattaforma è risultato comparabile con uno o entrambi i controlli.

Nei siti di riferimento i trend sono stati piuttosto lineari e con valori molto bassi rispetto al sito di estrazione. Il massimo assoluto per queste due aree è stato registrato nella primavera 2019 presso C2 ($23,58 \pm 19,40$ n.ind/500m/12h).

Gli andamenti in termini ponderali sono risultati molto simili a quelli numerici (fig. 3.74). Da notare l'elevato errore standard registrato nella primavera 2018 in piattaforma determinato dalle abbondanti catture di *S. japonicus* che ha rappresentato il 75% della biomassa totale in quella stagione (Tab. 3-XLVIII). Anche in peso i valori di Bonaccia NW sono quasi sempre risultati superiori a quelli dei controlli.

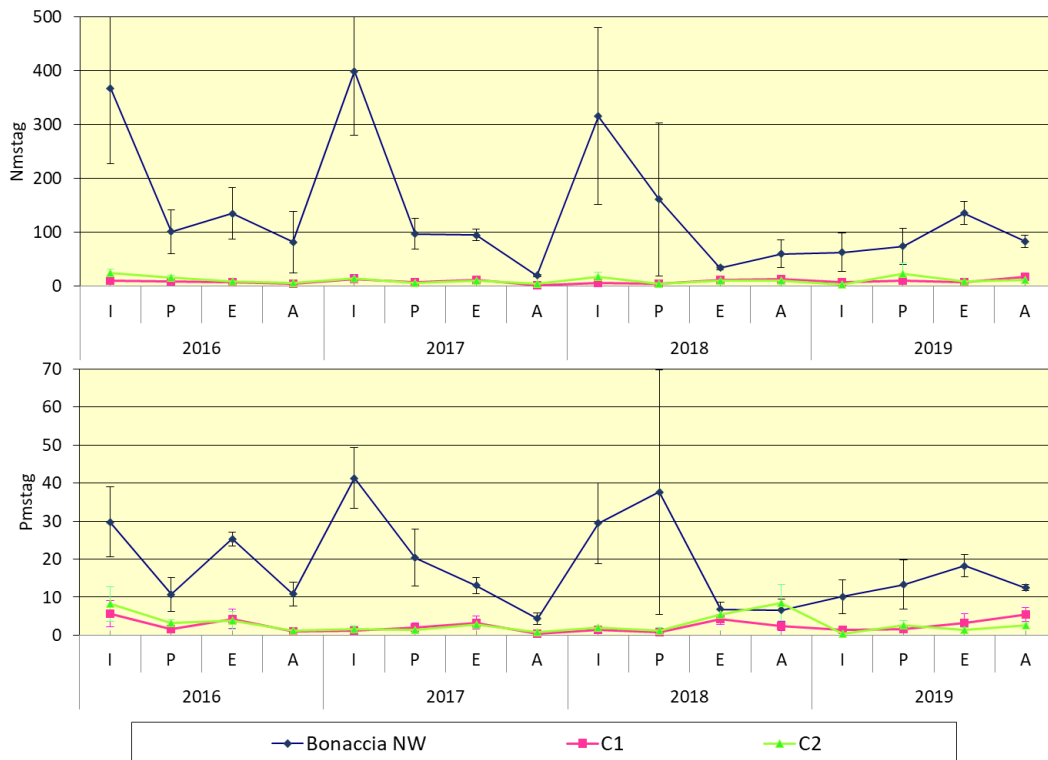


Fig. 3.74 - Numero degli individui (n.ind./500m/12h; \pm e.s.) (in alto) e peso (kg/500m/12h; \pm e.s.; in basso) catturati presso la piattaforma e nei due siti di controllo. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Presso tutti i tre siti i pesci hanno sempre costituito la frazione più importante sia in termini numerici che ponderali, costituendo ovunque più dell'89% delle catture (fig. 3.75).

Pesci bentonici – In totale sono state censite 26 specie ittiche appartenenti a questo gruppo, di cui 25 rinvenute presso la piattaforma, 15 presso C1 e 17 presso C2 (Tabb. 3- XLVIII – 3-L). Presso il sito di estrazione le specie bentoniche hanno costituito il 3° gruppo in termini numerici (6,2%) e il 2° in termini di biomassa (18,7%); le catture più abbondanti in numero e peso sono state rappresentate, rispettivamente, da *S. porcus* e *Lophius budegassa*. In C1 i pesci bentonici hanno rappresentato il gruppo più importante dal punto di vista sia numerico (43,6%) che ponderale (53,1%), in maniera analoga a C2 (N: 40,5%; P: 55,7%), in parte a causa delle frequenti catture di grandi esemplari di *Scyliorhinus canicula*.

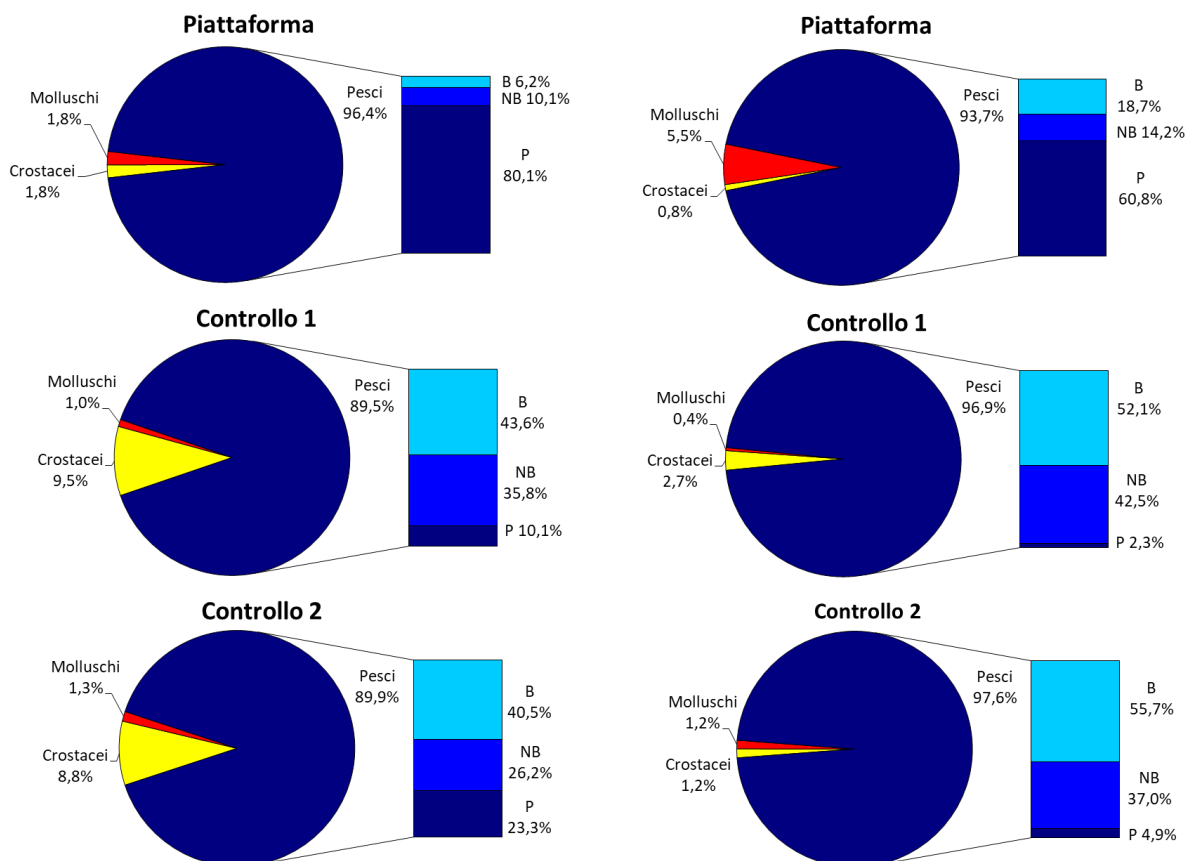


Fig. 3.75 - Composizione percentuale delle catture in numero (sinistra) e in peso (destra) effettuate nell'intero periodo di indagine presso Bonaccia NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 10 specie, delle quali 8 catturate presso la piattaforma e 7 in ciascun controllo (Tabb. 3-XLVIII – 3-L). Questo gruppo nei dintorni della struttura è risultato il 2° per importanza numerica (10,1%) e il 3° in peso (14,2%), ed è stato caratterizzato dalle abbondanti e frequenti catture di *P. bogaraveo*, *Merluccius merluccius* e *Trisopterus minutus capellanus*. Presso i siti di controllo i pesci necto-bentonici hanno rappresentato il 2° gruppo sia in numero (C1: 35,8%; C2: 26,2%) che in peso (C1: 42,5%; C2: 37,0%) soprattutto per le catture di *M. merluccius*.

Pesci pelagici – Sono state censite in totale 14 specie, tutte catturate in piattaforma, 6 in C1 e 7 in C2 (Tabb. 3-XLVIII – 3-L). La frazione dei pelagici è stata la più importante in piattaforma sia numericamente (80,1%) che dal punto di vista ponderale (60,8%). Le catture più rappresentative, in termini numerici, sono state quelle relative a *B. boops*, *S.*

japonicus e *T. trachurus*, mentre dal punto di vista ponderale hanno influito soprattutto quelle di *S. japonicus*.

Per quanto riguarda i siti di riferimento i pelagici rappresentano il gruppo di pesci meno importante sia in abbondanza (C1: 10,1%; C2: 23,3%) che in biomassa (C1: 2,3%; C2: 4,9%), con *Engraulis encrasicolus* la specie più importante in entrambe le aree.

Crostacei – Sono state censite 8 specie di crostacei, di cui 6 catturate presso la piattaforma, 6 in C1 e 3 in C2 (Tabb. 3-XLVIII – 3-L). Nei pressi di Bonaccia NW i crostacei hanno rappresentato l'1,8% in numero e solo lo 0,8% in peso. Nei siti di controllo sono stati percentualmente più importanti, soprattutto in numero con il 9,5% in C1 e 8,8% in C2. In termini di ponderali, invece, anche nei siti di controllo i crostacei hanno costituito una piccola porzione delle catture seppur maggiore rispetto a Bonaccia NW (2,7% in C1 e 1,2% in C2). Si segnala la presenza costante, sia presso la piattaforma Bonaccia NW, sia presso i riferimenti, dei decapodi *Nephrops norvegicus* e *Parapenaeus longirostris*.

Molluschi – Sono state censite 5 specie, tutte presenti presso la piattaforma e 2 in ciascun controllo (Tabb. 3-XLVIII – 3-L). Nel sito di estrazione i molluschi hanno rappresentato in numero la stessa percentuale dei crostacei, mentre in peso sono apparsi più importanti con il 5,5% in quanto due specie rinvenute, *O. vulgaris* ed *Eledone cirrhosa*, sono di grandi dimensioni. Nei controlli sono state resitrate percentuali inferiori in termini sia numerici (C1: 1,0%; C2: 1,3%) che ponderali (C1: 0,4%; C2: 1,2%).

3.8.13 Affinità delle specie catturate con i substrati duri

L'analisi delle catture secondo il grado di affinità delle varie specie verso i substrati duri (fig. 3.76) ha evidenziato presso la piattaforma una netta dominanza numerica e ponderale di pesci pelagici PA (104,65±19,68 n.ind/500m/12h; 10,87±2,33 kg/500m/12h). In termini numerici ai pelagici PA sono seguiti i pesci necto-bentonici PA con 8,02±0,49 n.ind/500m/12h, rappresentati soprattutto da *P. bogaraveo* e *T. minutus capelanus*. In termini ponderali, invece, dopo i pelagici PA si sono collocati i pesci bentonici e necto-bentonici NA, grazie alle catture rispettivamente di *L. budegassa* e *M. merluccius*. Da segnalare la frazione di pesci bentonici AT rappresentati da 6 specie tra cui *Scorpaena notata*, *S. porcus* e *Scorpaena scrofa* come principali e la frazione di molluschi bentonici AT rappresentata esclusivamente da *O. vulgaris*.

Presso C1, i gruppi dei pesci bentonici e necto-bentonici NA sono risultati i più abbondanti

sia numericamente ($3,60 \pm 0,57$ e $2,47 \pm 0,73$ n.ind/500m/12h, rispettivamente) che in peso ($1,32 \pm 0,26$ e $1,06 \pm 0,31$ kg/500m/12h, rispettivamente), seguiti dai pesci necto-bentonici PA in numero ($0,84 \pm 0,39$ n.ind/500m/12h), risultati molto simili ai pelagici NA e ai crostacei bentonici NA.

Anche in C2 le specie bentoniche e necto-bentoniche NA sono risultate le più importanti sia numericamente ($4,29 \pm 0,54$ e $2,48 \pm 0,35$ n.ind/500m/12h, rispettivamente) che in peso ($1,67 \pm 0,40$ e $1,13 \pm 0,35$ kg/500m/12h, rispettivamente). I pesci pelagici NA sono stati più abbondanti rispetto a C1 ($2,07 \pm 1,18$ n.ind/500m/12h) risultando confrontabili anche con i gruppi precedenti oltre che con i crostacei bentonici NA ($1,02 \pm 0,28$ n.ind/500m/12h).

Presso i due siti di controllo è presente una piccola porzione di pesci bentonici AT con valori notevolmente inferiori rispetto alla piattaforma e molto bassi specialmente in termini ponderali, rappresentati esclusivamente da *S. notata* e *S. scrofa*. Presso C1 sono state registrate anche catture del crostaceo AT *S. arctus*.

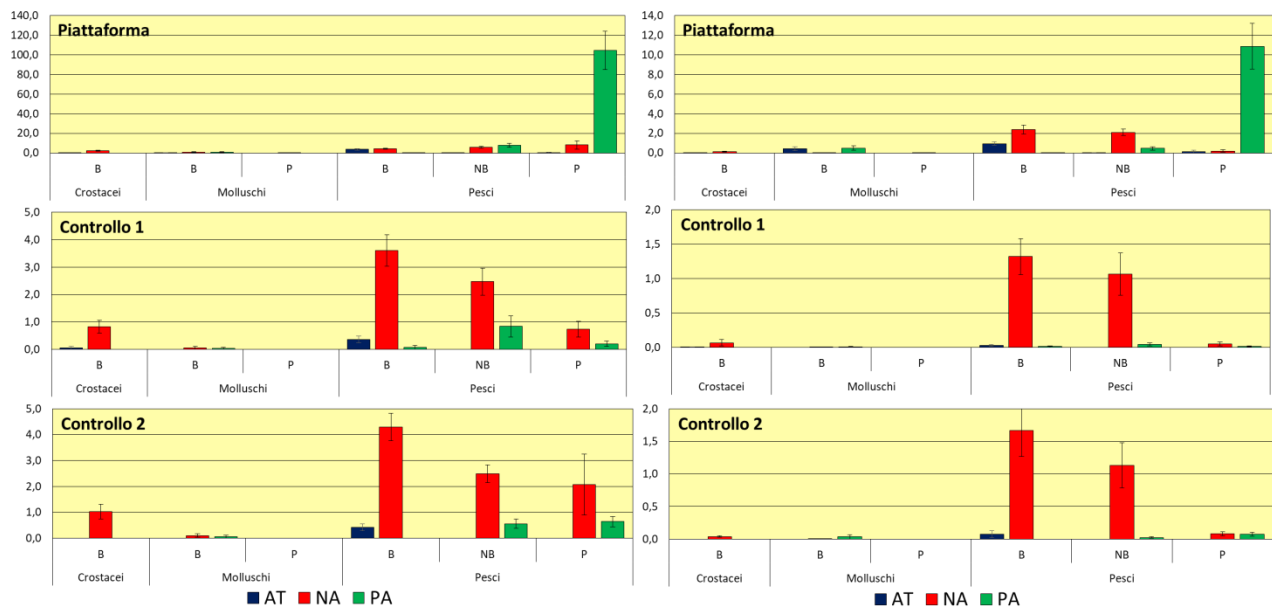


Fig. 3.76 - Numero (n. ind./500m/12h) e peso (kg/500m/12h) medi (\pm e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) relativi alle catture effettuate nell'intero periodo di indagine nei tre siti. B = bentonico; NB = necto-bentonic; P = pelagico.

Dall'elaborazione statistica (Tab.3-LIII) si sono evidenziate differenze tra il sito di estrazione e i riferimenti all'interno di ogni categoria tassonomica (pesci, crostacei e molluschi), ad eccezione dei crostacei in termini ponderali. Per quanto concerne i



molluschi, sono risultate significativamente più abbondanti le catture sia in numero che in peso dei bentonici AT e PA e dei pelagici NA.

Riguardo ai pesci bentonici, sono state rilevate differenze significative per gli AT sia in termini numerici che ponderali con valori maggiori in piattaforma. Lo stesso risultato si è osservato per i pesci necto-bentonici NA e PA e i pelagici PA.

L'analisi statistica della interazione tra fattori ha evidenziato differenze significative nella biomassa dei pesci bentonici AT e i necto-bentonici PA, con valori superiori nel 2016 presso Bonaccia NW per le catture eccezionali rispettivamente delle specie *S. scrofa* e *P. bogaraveo*.

Tab. 3-LIII – Risultati dei test statistici ottenuti per la densità e la biomassa dei principali gruppi di specie presso la piattaforma Bonaccia NW e nei siti di controllo. g.l = gradi di libertà; **, >> = altamente significativo; *, > = significativo.

Numero	Crostacei			Molluschi						Pesci															
	Bentonici			Bentonici			Pelagici			Bentonici			Necto-Bentonici			Pelagici									
Effetti	g.l.	AT	NA	AT	NA	PA	NA	AT	NA	PA	AT	NA	PA	AT	NA	PA	AT	NA	PA						
Sito	2	Anova	K-W	Comp.test	K-W	Comp.test	Anova	K-W	Comp.test	K-W	Comp.test	K-W	Comp.test	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Comp.test	K-W	Comp.test	Anova	Anova	K-W	Comp.test
		0,589	0,010*	P> C1; C2	0,002*	P> C1; C2	0,059	<0,001**	P> C1; C2	0,002*	P> C1; C2	<0,001**	P> C1; C2	0,403	0,316	0,141	<0,001**	P> C1; C2	<0,001**	P> C1; C2	0,318	0,076	<0,001**	P> C1; C2	
Anno	3	Anova	Anova	Comp.test	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	K-W	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	
		0,561	0,043*	2016>2019	0,536	0,168	0,939	0,411	0,410	0,750	0,104	0,561	0,118	0,099	0,403	0,703	0,780								
Sito x Anno	6	Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie								
		0,352	0,386	0,623	0,208	0,980	0,397	0,580	0,558	0,728	0,692	0,956	0,015*	0,437	0,737	0,486									

Peso	Crostacei			Molluschi						Pesci													
	Bentonici			Bentonici			Pelagici			Bentonici			Necto-Bentonici			Pelagici							
Effetti	g.l.	AT	NA	AT	NA	PA	NA	AT	NA	PA	AT	NA	PA	AT	NA	PA	AT	NA	PA				
Sito	2	Anova	Anova	K-W	Comp.test	Anova	K-W	Comp.test	K-W	Comp.test	K-W	Comp.test	Anova	Anova	Anova	Anova	Comp.test	K-W	Comp.test	Anova	Anova	K-W	Comp.test
		0,409	0,076	0,002*	P> C1; C2	0,148	<0,001**	P> C1; C2	0,002*	P> C1; C2	<0,001**	P> C1; C2	0,121	0,283	0,175	0,044*	P> C1; C2	<0,001**	P> C1; C2	0,326	0,214	<0,001**	P> C1; C2
Anno	3	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova
		0,409	0,832	0,547	0,060	0,834	0,339	0,079	0,470	0,083	0,525	0,082	0,104	0,399	0,781	0,816							
Sito x Anno	6	Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie						
		0,374	0,833	0,624	0,355	0,890	0,289	<0,001**	0,387	0,601	0,664	0,980	0,004*	0,431	0,796	0,973							

3.8.1.4 PERMANOVA e Principal Coordinate analysis (PCO)

L'analisi multivariata rappresentata in Tab. 3-LIV ha evidenziato differenze altamente significative tra i popolamenti presenti in piattaforma rispetto ai due siti di controllo, come indicato dal *pairwise test*. Non è stata riscontrata, invece, una differenza significativa tra i quattro anni di monitoraggio. La rappresentazione bidimensionale, con il 33,9% della varianza spiegata, ha mostrato la generale contrapposizione del sito della piattaforma con i controlli. La sovrapposizione delle specie maggiormente coinvolte nella differenziazione dei siti sulla rappresentazione bidimensionale, indica che tali differenze sono dettate da un pool di specie AT (*S. porcus*, *O. vulgaris*) e PA (*B. boops*, *P. bogaraveo*, *T. trachurus* e *T. minutus capelanus*) esclusive o più abbondanti in piattaforma e di specie NA (*M. merluccius*, *R. asterias*) per quanto concerne i siti di controllo (fig. 3.77).

Tab. 3-LIV – PERMANOVA sui dati dei popolamenti dei tre siti, basata sulle dissimilarità di Bray-Curtis, su dati di abbondanza trasformati. **, >> = altamente significativo. P = Piattaforma; C1 e C2 = controlli.

Fattore	g.l.	MS	Pseudo-F	p-value	Pairwise test
Sito	2	37064	11,936	0,001**	P > C1; C2
Anno	3	4032,7	1,299	0,106	
SitoXAnno	6	2806,7	0,904	0,720	

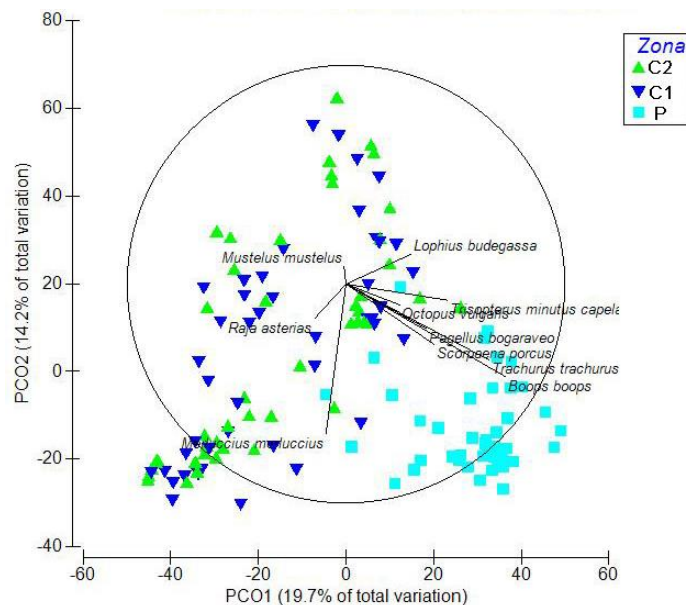


Fig. 3.77 – Rappresentazione bidimensionale dei tre siti campionati nel periodo gennaio 2016 - dicembre 2019 tramite la Principal Coordinate analysis (PCO). P = Piattaforma; C1 e C2 = controlli.

3.8.2. INVESTIGAZIONI ACUSTICHE

Nel **luglio** 2019 sono stati rilevati 9 banchi di pesce, di cui due (nn. 2 e 5) a meno di 300 m dalla piattaforma (fig. 3.78). Il banco più vicino è stato il n. 2, sondato a soli 245,855 m da Bonaccia NW, quello più lontano il n. 3 (721,178 m; Tab. 3-LV). L'aggregazione n. 5 è stata la più ampia in termini di superficie (1186,413 m²) e volume (759,260 m³), la n. 8 per l'estensione lungo la direttrice EW (30,498 m), risultata anche la più profonda essendo stata sondata a 87,559 m, e la n. 7 per la maggiore lunghezza lungo la direttrice NS (25,546 m). Il banco più superficiale è stato il n. 9, posto a 77,549 m di profondità (Tab. 3-LVI). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-LVII.

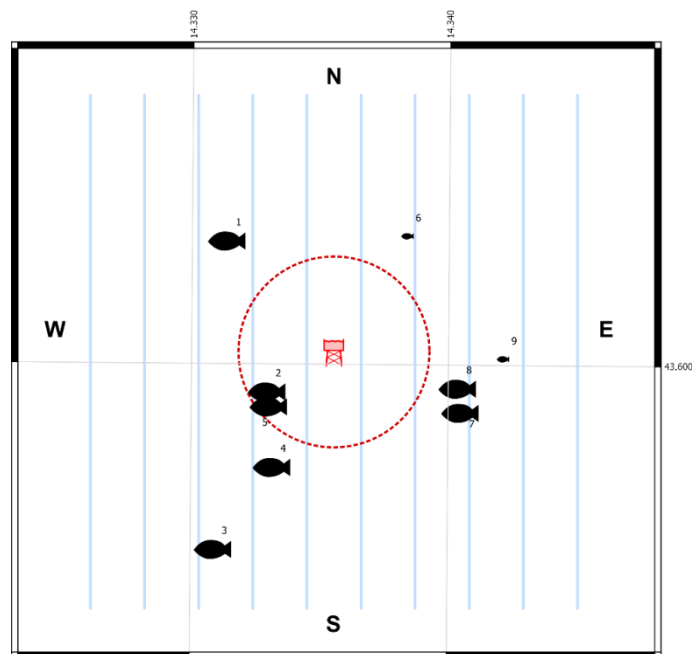


Fig. 3.78 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **luglio** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LV - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **luglio** 2019. In verde quelli entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia (m)
1	499,241
2	245,855
3	721,178
4	404,751
5	266,160
6	435,508
7	428,513
8	394,477
9	522,232

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

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	538,817	12,762	16,395	81,133	86,155	5,022	280,275	43,603583	14,331250	84,123	1,922	0	0,000
2	539,350	12,540	22,663	83,207	87,193	3,986	271,813	43,599319	14,332848	85,080	1,945	1	0,348
3	528,571	19,983	17,459	81,468	86,621	5,153	233,238	43,594853	14,330791	84,008	2,266	0	0,000
4	374,727	9,410	14,730	82,472	86,811	4,339	182,307	43,597186	14,333056	84,588	1,963	0	0,000
5	1186,413	24,844	15,642	81,850	87,193	5,343	759,260	43,598899	14,332919	84,638	1,467	0	0,000
6	82,462	6,246	6,658	85,242	87,018	1,776	20,209	43,603739	14,338251	86,309	4,081	0	0,000
7	748,399	25,546	15,546	84,874	88,307	3,433	357,251	43,598759	14,340378	86,683	2,001	0	0,000
8	806,581	15,938	30,498	85,814	88,494	2,680	341,209	43,599441	14,340266	87,559	2,364	0	0,000
9	47,956	4,488	4,527	76,603	78,386	1,783	12,787	43,600277	14,342010	77,549	3,750	0	0,000

Tab. 3-LVIII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **luglio** 2019. In verde quelli sondati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-18,504	809	11	214	-34,953	-5,985	141,139
2	-19,049	786	11	235	-34,889	-6,823	124,480
3	-22,665	667	17	310	-34,953	-10,985	54,143
4	-18,130	492	8	163	-34,889	-5,856	153,823
5	-16,517	2180	22	506	-34,889	-2,290	223,004
6	-22,311	56	5	47	-34,889	-14,389	58,730
7	-20,467	974	22	405	-34,953	-7,389	89,811
8	-16,348	1010	14	547	-34,953	-2,921	231,868
9	-31,142	43	4	27	-34,944	-26,944	7,687

*Sv = Volume backscattering strength

Ad **agosto** è stato sondato un solo piccolo banco a 252,686 m verso NW rispetto alla piattaforma Bonaccia NW (fig. 3.79; Tab. 3-LVIII).

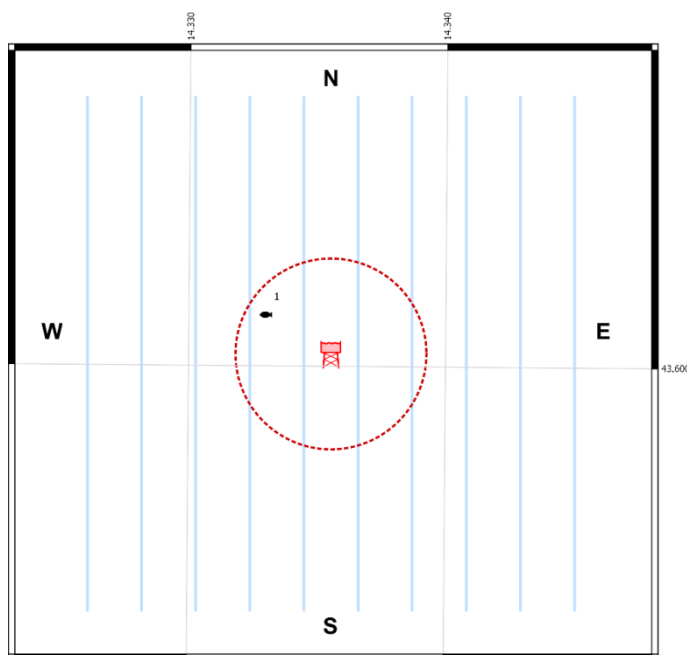


Fig. 3.79 - Schema planare della posizione del banco individuato durante il campionamento condotto nell'**agosto** 2019. La visualizzazione graduata ne evidenzia il volume.

Tab. 3-LVIII - Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW del banco di pesce individuato nel mese di **agosto** 2019.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	252,686

Il banco aveva una superficie di 82,670 m², un volume di 30,169 m³, e misurava 7,396 m lungo la direttrice EW e 4,387 m lungo quella NS (Tab. 3-LIX). E' stato individuato a 86,402 m di profondità.

Le variabili acustiche relative all'aggregazione sono descritte in Tab. 3-LX.

Tab. 3-LIXI - Caratteristiche metriche del banco individuato nell'**agosto** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	82,670	4,387	7,394	85,436	87,178	1,742	30,169	43,601545	14,332881	86,402	2,740	0	0,000

Tab. 3-L - Variabili acustiche relative al banco di pesce rilevato in **agosto** 2019.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-24,259	95	4	55	-34,889	-16,389	37,509

*Sv = Volume backscattering strength

A **settembre** sono state individuate solo 4 aggregazioni, tutte a una distanza maggiore di 300 m da Bonaccia NW (fig. 3.80); quella più prossima alla piattaforma, la n. 2, si trovava a 458,155 m, la più lontana (n. 4) a 693,819 m dalla piattaforma (Tab. 3-LXI).

Il banco n. 3 ha presentato maggiore superficie e lunghezza in direzione EW (113,097 m² e 33,425 m rispettivamente), mentre il maggior volume e lunghezza in direzione NS sono stati osservati per il n. 4 (475,924 m³ e 17,471 m rispettivamente; Tab. 3-LXII). Il range di profondità all'interno del quale tutte e quattro le aggregazioni sono state osservate è di appena 4 m, oscillando tra un minimo di 81,983 m (banco n. 3) e un massimo di 85,448 m (banco n. 1). In Tab. 3-LXIII sono riportate le variabili acustiche dei banchi.

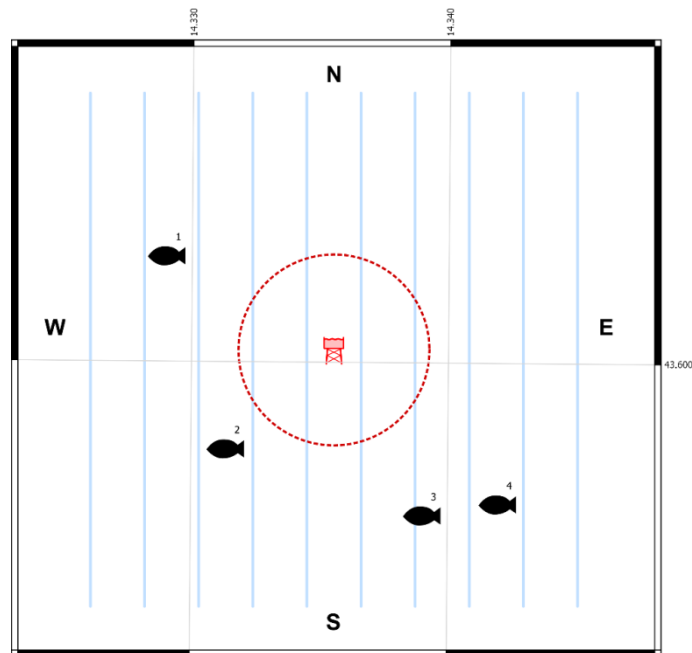


Fig. 3.80 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **settembre** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXI - Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **settembre** 2019.

Banco	Distanza da Bonaccia (m)
1	615,790
2	458,155
3	575,319
4	693,819

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

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	783,669	17,140	26,117	83,219	87,272	4,053	316,534	43,603095	14,328918	85,448	2,289	0	0,000
2	615,048	10,786	15,057	79,169	85,964	6,795	279,930	43,597645	14,331259	82,670	2,197	0	0,000
3	1134,097	12,706	33,425	76,657	87,750	11,093	366,726	43,595791	14,338924	81,983	3,063	0	0,000
4	899,838	17,471	19,701	80,801	86,333	5,532	475,924	43,596119	14,341864	84,385	1,891	0	0,000

Tab. 3-LXIII - Variabili acustiche relative ai banchi individuati nel **settembre** 2019.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-18,634	809	15	381	-34,893	-6,892	136,974
2	-27,482	819	9	205	-34,893	-20,327	17,858
3	-28,026	987	10	380	-34,925	-16,892	15,753
4	-28,151	1230	14	344	-34,989	-15,052	15,306

*Sv = Volume backscattering strength

Nell'**ottobre** 2019 sono state sondate 8 aggregazioni di cui una sola (n. 3) posta a meno di 300 m dalla struttura, precisamente a 190,638 m (fig. 3.81 e Tab. 3-LXIV). Quella più lontana (n. 1), è stata individuata a 843,483 m dalla piattaforma. Il banco con le maggiori caratteristiche metriche è stato il n. 3: area di 2416,613 m², volume di 859,287 m³, lunghezza EW di 35,203 m e lunghezza NS di 29,802 m (Tab. 3-LXV). Le aggregazioni sono state sondate tra 53,727 m (banco n. 6) e 85,440 m (banco n. 7) di profondità. Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-LXVI.

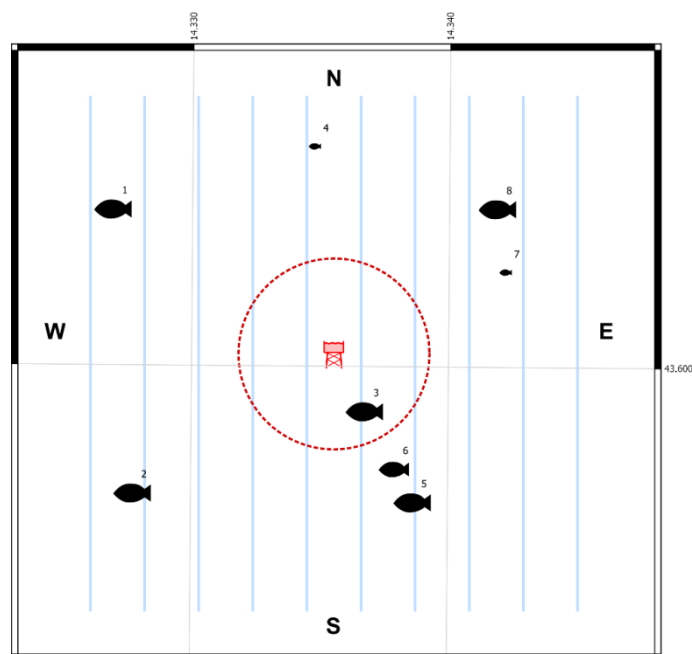


Fig. 3.81 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'**ottobre** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXIV - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nell'**ottobre** 2019. In evidenza il banco rilevato entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia (m)
1	843,483
2	768,636
3	190,638
4	667,325
5	513,835
6	394,539
7	593,689
8	688,915

Tab. 3-LXV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nell'ottobre 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde l'aggregazione rilevata entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	940,010	12,285	30,708	73,770	83,654	9,884	438,929	43,604519	14,326813	81,166	2,142	0	0,000
2	1412,702	13,495	20,142	68,454	82,216	13,762	414,168	43,596487	14,327645	76,536	3,300	0	0,000
3	2416,613	29,802	35,203	80,252	86,502	6,250	895,287	43,598837	14,336659	84,390	2,664	2	1,394
4	41,580	2,235	3,706	52,992	55,792	2,800	10,506	43,606318	14,334623	54,307	3,683	0	0,000
5	694,048	21,291	17,884	82,032	86,502	4,470	264,057	43,596272	14,338547	84,944	2,628	0	0,000
6	360,994	16,748	7,064	48,808	55,555	6,747	121,684	43,597206	14,337817	53,727	2,714	0	0,000
7	127,302	5,147	15,324	83,860	86,502	2,642	35,649	43,602787	14,342086	85,440	3,571	0	0,000
8	1568,243	23,005	30,896	75,640	83,975	8,335	677,272	43,604585	14,341774	81,802	2,316	0	0,000

Tab. 3-LXVI - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati nell'ottobre 2019. In verde l'aggregazione rilevata entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-28,982	1633	12	438	-34,982	-17,919	12,641
2	-28,200	1524	13	408	-34,981	-11,409	15,134
3	-23,278	3716	33	1404	-34,854	-6,854	47,015
4	-17,640	52	2	20	-34,469	-10,368	172,204
5	-19,314	1023	21	488	-34,854	-2,321	117,122
6	-27,002	263	15	127	-34,993	-19,033	19,945
7	-25,911	137	5	88	-34,854	-20,854	25,641
8	-29,748	2840	23	788	-34,982	-18,951	10,599

*Sv = Volume backscattering strength

Nel **novembre** 2019 sono stati osservati 7 banchi di pesce (fig. 3.82), di cui tre (nn. 2, 3 e 4) ad una distanza minore di 300 m dalla struttura (Tab. 3-LXVII). Il più vicino è stato il n. 4 (78,510 m), il più lontano il n. 7, posto a 803,662 m da Bonaccia NW. Il n. 2 era situato esattamente sul limite dei 300 m dalla piattaforma e ha presentato i maggiori valori di superficie (7286,440 m²), volume (4889,460 m³) e lunghezze EW (36,678 m) e NS (35,128 m; Tab. 3-LXVIII). Le aggregazioni sono state sondate tra una profondità massima di 85,590 m (banco n. 5) e una minima di 32,410 (banco n. 4). Osservando i *boxplot* in fig. 3.83 e confrontandoli con la Tab. 3- LXVIII, si può notare che due dei tre banchi rilevati entro di 300 m da Bonaccia NW erano i più piccoli tra quelli sondati, mentre l'altro (il n. 2, posto sul limite dei 300 m) era il più grande in assoluto; inoltre, i banchi rilevati al di là del limite dei 300 m avevano caratteristiche metriche omogenee. Quindi si può concludere che il banco posto esattamente a 300 m da Bonaccia NW rappresenta per sua natura un *outlier* e pertanto le analisi delle differenze metriche tra i due gruppi di banchi sono in parte "falsate" dalla presenza del banco stesso. Esaminando infatti i due gruppi senza tenere

conto del banco n. 2, si può evidenziare che le aggregazioni poste all'interno del raggio di 300 m sono di dimensioni ridotte e più superficiali, mentre quelle poste al di là dei 300 m sono di dimensioni maggiori e più profonde. Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-LXIX.

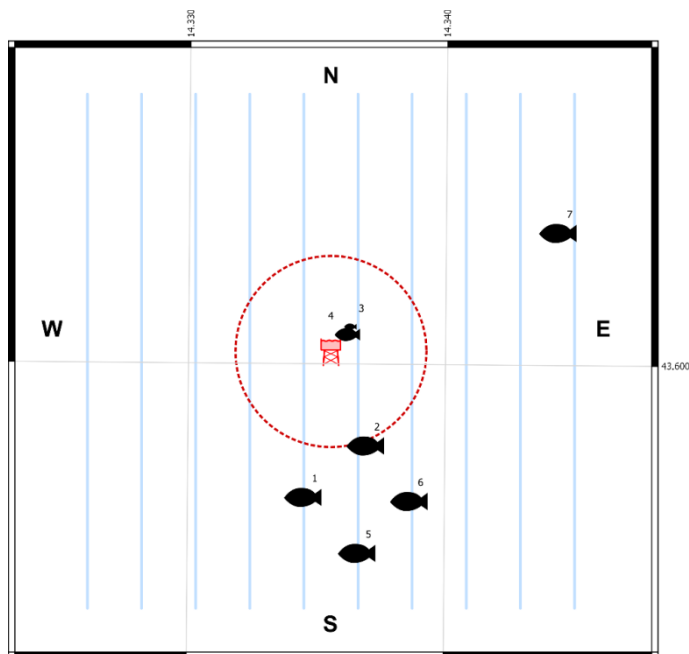


Fig. 3.82 - Schema planare delle posizioni dei banchi individuati nel **novembre** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

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

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	454,875
2	299,997
3	102,724
4	78,510
5	624,846
6	515,657
7	803,662

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

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	519,634	9,917	26,414	78,808	86,090	7,282	171,967	43,596339	14,334407	83,900	3,022	0	0,000
2	7286,440	35,128	36,678	63,671	85,150	21,479	4889,460	43,597807	14,336820	72,518	1,472	14	8,435
3	37,967	2,784	4,243	62,320	65,513	3,193	10,682	43,601151	14,336176	63,977	3,554	0	0,000
4	265,650	7,428	8,970	26,952	36,106	9,154	101,440	43,600940	14,336076	32,410	2,524	0	0,000
5	539,396	14,955	22,913	83,061	87,148	4,087	217,703	43,594770	14,336519	85,590	2,478	2	0,986
6	1026,939	19,538	21,931	76,492	86,502	10,010	471,457	43,596248	14,338533	84,583	2,178	0	0,000
7	1462,334	22,933	24,742	76,553	85,056	8,503	573,591	43,603854	14,344250	82,776	2,549	0	0,000

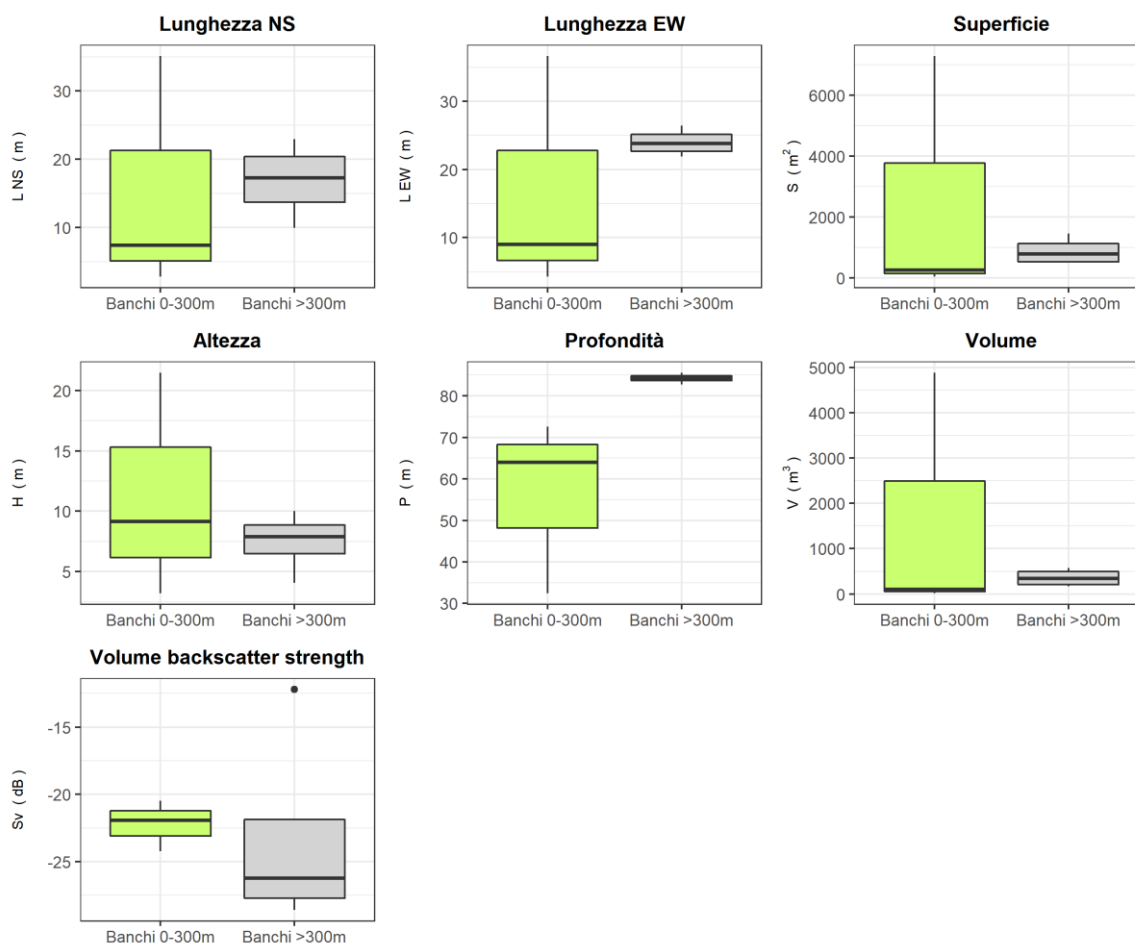


Fig. 3.83 - Box plot di alcune caratteristiche metriche e acustiche delle aggregazioni rilevate nel **novembre** 2019. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali *outliers*.

Tab. 3-LXIX - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati a **novembre** 2019. In verde i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-27,403	674	10	293	-34,982	-14,854	18,183
2	-24,228	25202	39	2614	-34,993	-6,649	37,778
3	-21,940	57	3	24	-34,493	-14,454	63,980
4	-20,480	776	9	191	-34,992	-10,492	89,534
5	-25,072	891	16	362	-34,886	-15,354	31,100
6	-12,183	1849	20	795	-34,981	6,146	604,957
7	-28,607	2348	25	749	-34,982	-14,951	13,783

*Sv = Volume backscattering strength

Anche a **dicembre** sono stati osservati 7 banchi di pesce (fig. 3.84), di cui solo uno (n. 4) ricadente nel raggio di 300 m da Bonaccia NW e da essa distante 281,396 m (Tab. 3-LXX. L'aggregazione n. 7 è risultata invece quella più lontana, essendo stata rilevata a 956,528

m. Il banco caratterizzato da maggior superficie ($5400,910 \text{ m}^2$), maggior volume ($4661,974 \text{ m}^3$) e maggior lunghezza EW ($30,108 \text{ m}$) è stato il n. 3, mentre la maggior lunghezza NS è stata registrata per il n. 5 ($35,691 \text{ m}$; Tab. 3-LXXI). Le aggregazioni sono state sondate a profondità comprese tra $53,621 \text{ m}$ (n. 2) e $85,216 \text{ m}$ (n. 6). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-LXXII.

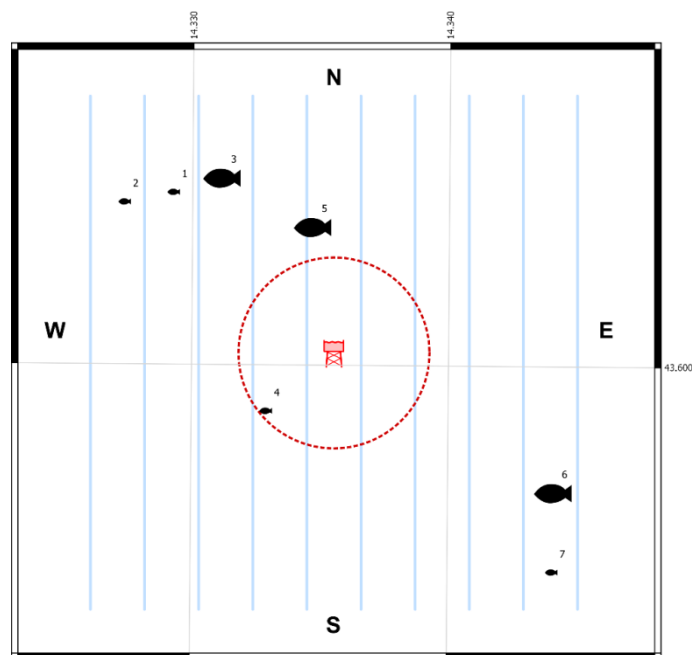


Fig. 3.84 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **dicembre** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXX - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **dicembre** 2019. In evidenza il banco entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	728,534
2	826,040
3	667,228
4	281,396
5	414,211
6	804,647
7	956,528

Tab. 3-LXXI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **dicembre** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In evidenza il banco entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	37,939	2,560	4,411	59,848	62,382	2,534	12,242	43,604970	14,329141	61,147	3,099	0	0,000
2	47,951	4,858	3,452	52,560	54,769	2,209	15,397	43,604688	14,327235	53,621	3,114	0	0,000
3	5400,910	32,750	30,108	69,586	84,570	14,984	4661,974	43,605387	14,331045	77,270	1,157	94	44,482
4	148,395	6,056	8,871	82,559	86,504	3,945	51,531	43,598795	14,332791	83,992	2,880	0	0,000
5	2195,984	35,691	25,777	81,745	86,508	4,763	1155,884	43,604012	14,334588	84,537	1,882	5	3,562
6	1037,277	11,000	24,736	83,232	87,153	3,921	328,828	43,596537	14,344016	85,216	2,411	0	0,000
7	79,890	3,633	4,921	76,792	80,698	3,906	28,761	43,594283	14,343949	78,858	2,778	0	0,000

Tab. 3-LXXII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati nel **dicembre** 2019. In evidenza il banco entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-22,774	76	3	32	-34,990	-15,445	52,795
2	-21,529	96	5	44	-34,816	-11,816	70,319
3	-20,405	20481	33	1959	-34,994	-6,763	91,096
4	-27,692	224	6	93	-34,854	-18,756	17,013
5	-23,995	4470	36	1227	-34,854	-11,289	39,857
6	-20,494	718	9	286	-34,854	-9,322	89,244
7	-28,302	138	4	42	-34,945	-20,945	14,783

*Sv = Volume backscattering strength

Di seguito si riportano alcuni esempi di rappresentazioni tridimensionali delle aggregazioni di pesce rilevate nei campionamenti sopra descritti (figg. 3.85 - 3.90). Tali immagini permettono una percezione spazio-temporale dei singoli banchi nell'ambiente circostante la piattaforma Bonaccia NW.

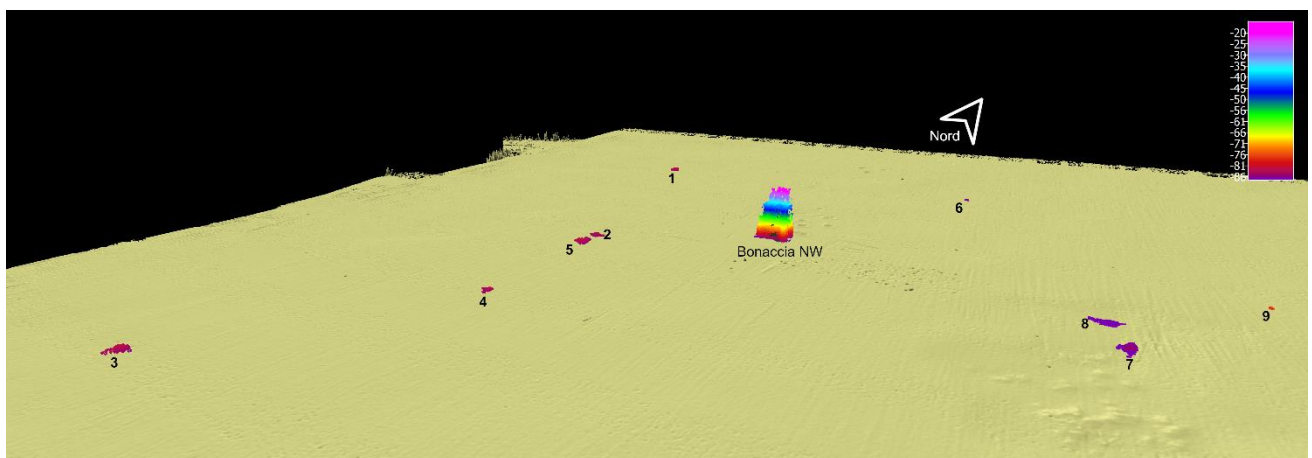


Fig. 3.85 – Vista da Sud Est delle aggregazioni sondate nel **luglio** 2019. Al centro dell'immagine è visibile Bonaccia NW.

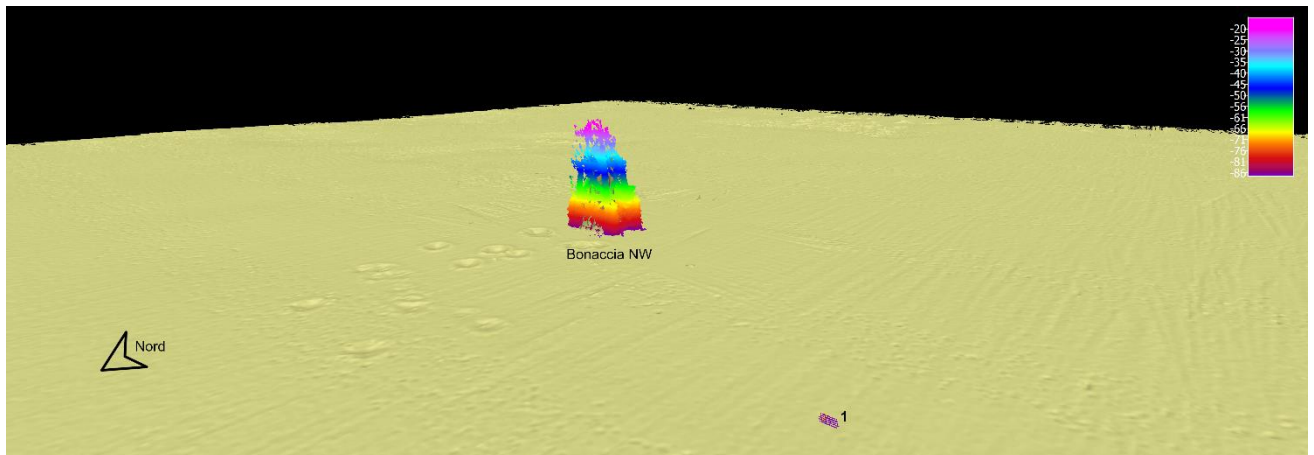


Fig. 3.86– Vista da Nord Ovest della colonna d’acqua in cui è stato individuato il banco di pesce ad **agosto** 2019. Al centro dell’immagine è visibile Bonaccia NW.

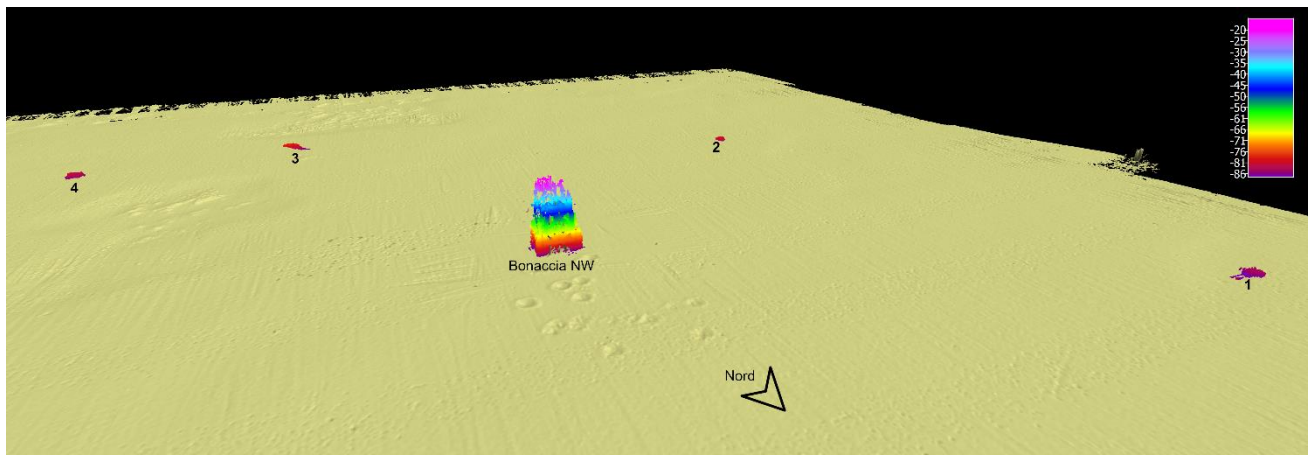


Fig. 3.87 – Vista da Nord Est delle aggregazioni sondate nel mese di **settembre** 2019. Nell’immagine è visibile Bonaccia NW.

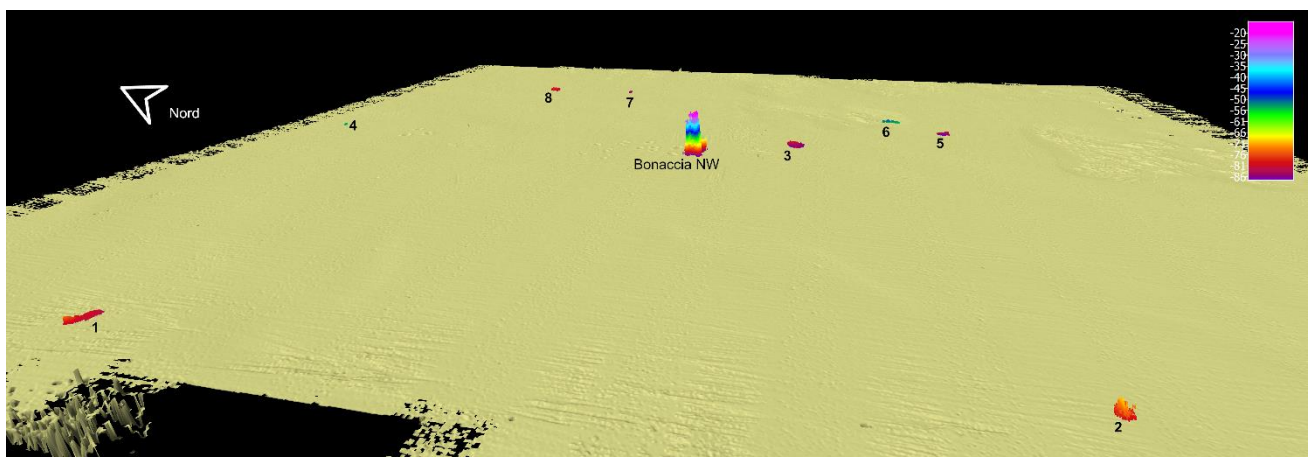


Fig. 3.88 – Vista da Ovest dei banchi di pesce rilevati durante il campionamento di **ottobre** 2019. Al centro dell’immagine è visibile Bonaccia NW.

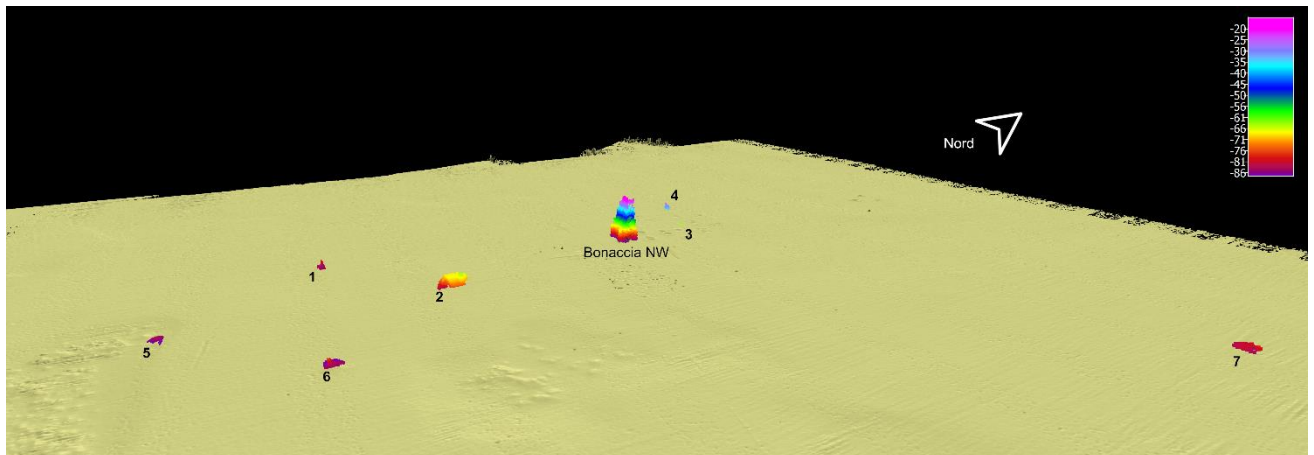


Fig. 3.89 – Vista da Sud Est di parte dei banchi di pesce rilevati nel **novembre** 2019. Al centro dell'immagine è visibile Bonaccia NW.

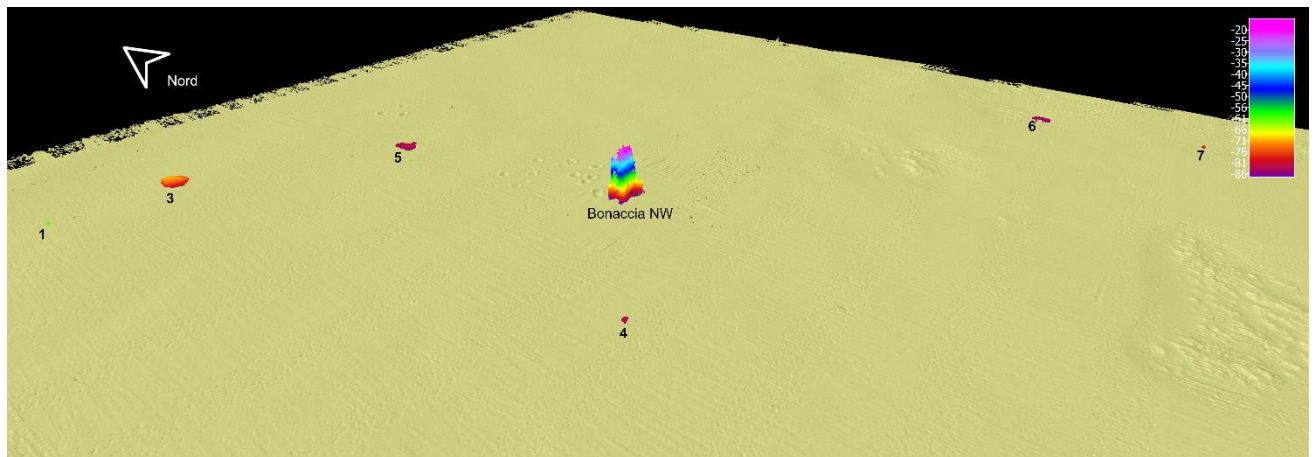


Fig. 3.90 – Vista tridimensionale da Sud Ovest della colonna d'acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **dicembre** 2019. Nell'immagine è visibile la piattaforma Bonaccia NW.

3.8.3. INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA

Nei mesi di **agosto** e **settembre** sono stati effettuati i rilievi ma non è stato identificato alcun banco di pesce nei paraggi della piattaforma. A **novembre** e **dicembre**, invece, le condizioni meteo-marine non hanno consentito lo svolgimento dei rilievi visivi in sicurezza.

A **luglio** sono stati individuati banchi di pesce a media profondità (20-40 m) tra i pali della struttura, ma la presenza di mare lievemente mosso ha impedito un'esatta individuazione delle specie presenti. Probabilmente i banchi osservati sono da ascrivere a specie pelagiche parzialmente attratte quali *B. boops* e *Trachurus* spp. (fig. 3.91).

Anche ad **ottobre** sono stati osservati banchi costituiti da esemplari del genere *Trachurus* e

alcuni individui di *B. boops* in prossimità dei pali della piattaforma ad una profondità di circa 30 m (fig. 3.92).



Fig 3.91 – Aggregazione di pesce pelagico parzialmente attratto rinvenuta tra i pali della piattaforma durante il rilievo di **luglio** 2019.



Fig 3.92 – Banco di *Trachurus* spp. individuato tra i pali della piattaforma (ad una profondità di circa 30 m, a sinistra) e due esemplari di *B. boops* (a destra) osservati a poca distanza nel mese di **ottobre** 2019.

3.9. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Nel pre-survey e nel periodo di produzione di Bonaccia NW (per la fase di installazione e perforazione dei pozzi consultare Leonori *et al.*, 2016) il primo avvistamento è avvenuto giorno 13 gennaio 2015 (Tab. 3-LXXIII). In quell'occasione, alle ore 13:41 è stata notata la presenza di due esemplari di *Tursiops truncatus* a circa 1 km di distanza verso NE dal punto stabilito per l'installazione di Bonaccia NW.

Dopo l'entrata in produzione della piattaforma sono avvenuti quattro avvistamenti nel corso del 3° anno di indagini e due nel 4° anno. Nel 2018 il primo avvistamento è successo il 6 giugno 2018 quando, alle ore 9:30, è stata notata la presenza di 4 esemplari di *T. truncatus* a circa 150 m di distanza da Bonaccia NW verso NW (fig. 3.93). Gli altri tre sono avvenuti a luglio: il giorno 12 a circa 500 m dalla piattaforma alle ore 11:30 è stata avvistata una dozzina di tursiopi a 500 m dalla piattaforma verso Ovest, in avvicinamento alla struttura. Nello stesso giorno è stata anche avvistata una tartaruga marina (*Caretta caretta*) a circa 500 verso SW da Bonaccia NW alle ore 12:00.

Il quarto avvistamento del 2018 è stato il giorno 20 luglio alle ore 14:30. In quell'occasione circa 10 tursiopi sono stati notati a 800 m di distanza dalla piattaforma verso NW.



Fig. 3.93 - Esemplari di *T. truncatus* avvistati nel giugno 2018 nei pressi della piattaforma Bonaccia NW.

Nel 2019 è avvenuto un avvistamento il 20 gennaio e un altro il 26 luglio. Il primo è consistito in un esemplare di *C. caretta* che, alle ore 10:11, si trovava a circa 300 m di

distanza in direzione SE rispetto alla piattaforma; Durante il secondo alle ore 9:30 è stata notata la presenza di un esemplare di *T. truncatus* a circa 600 m dalla struttura in direzione W.

Tab. 3-LXXIII - Survey condotti durante il pre-survey e nella fase di produzione di Bonaccia NW per l'avvistamento di cetacei e rettili marini nell'area in cui è stata installata la piattaforma.

		N. survey	N. avvist.	N. esemplari avvistati
PS	Gennaio 2015	3	1	2
	Febbraio 2015	1	0	
	Marzo 2015	2	0	
DL	MMO (Leonori <i>et al.</i> , 2016)			
1° anno PL	Gennaio 2016	3	0	
	Febbraio 2016	3	0	
	Marzo 2016	3	0	
	Aprile 2016	3	0	
	Maggio 2016	3	0	
	Giugno 2016	3	0	
	Luglio 2016	3	0	
	Agosto 2016	3	0	
	Settembre 2016	3	0	
	Ottobre 2016	3	0	
	Novembre 2016	3	0	
	Dicembre 2016	3	0	
2° anno PL	Gennaio 2017	3	0	
	Febbraio 2017	3	0	
	Marzo 2017	3	0	
	Aprile 2017	3	0	
	Maggio 2017	3	0	
	Giugno 2017	3	0	
	Luglio 2017	3	0	
	Agosto 2017	3	0	
	Settembre 2017	3	0	
	Ottobre 2017	3	0	
	Novembre 2017	3	0	
	Dicembre 2017	3	0	
3° anno PL	Gennaio 2018	3	0	
	Febbraio 2018	3	0	
	Marzo 2018	3	0	
	Aprile 2018	3	0	
	Maggio 2018	3	0	
	Giugno 2018	3	1	4
	Luglio 2018	3	3	12; 1*; 10
	Agosto 2018	3	0	
	Settembre 2018	3	0	
	Ottobre 2018	3	0	
	Novembre 2018	3	0	
	Dicembre 2018	3	0	
4° anno PL	Gennaio 2019	3	1	1*
	Febbraio 2019	3	0	
	Marzo 2019	3	0	
	Aprile 2019	3	0	
	Maggio 2019	3	0	
	Giugno 2019	3	0	
	Luglio 2019	3	1	1
	Agosto 2019	3	0	
	Settembre 2019	3	0	
	Ottobre 2019	3	0	
	Novembre 2019	3	0	
	Dicembre 2019	3	0	

* *Caretta caretta*

3.10. ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)

Il modello WOE è stato applicato per i risultati ottenuti per la piattaforma Bonaccia NW nella campagna di indagine dell'estate 2019 e ha previsto l'integrazione di dati di 5 linee di evidenza: LOE-1 caratterizzazione chimica dei sedimenti; LOE-2 bioaccumulo (*Hediste diversicolor* e *Mytilus galloprovincialis*); LOE-3 risposte biologiche misurate tramite biomarker (*Mytilus galloprovincialis*); LOE-4 effetti tossici misurati tramite applicazione di saggi ecotossicologici; LOE-5 analisi delle comunità bentoniche. Di seguito vengono descritti i risultati relativi a ogni singola LOE e l'elaborazione complessiva WOE ottenuta integrando in maniera ponderata i risultati delle diverse LOE.

3.10.1. CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI (LOE1)

I dati chimici sono stati elaborati con il modello Sediqualssoft, utilizzando i criteri di valutazione ponderata per la caratterizzazione chimica dei sedimenti; viene quindi abbandonata la logica dell'approccio tabellare e del singolo (anche se lieve) superamento di un riferimento normativo, considerando invece i risultati nel loro complesso e dando un peso al numero dei parametri che sfiorano il valore di riferimento, all'entità di tali sforamenti e alla pericolosità dei composti in questione. I criteri di integrazione ponderata utilizzati sono gli stessi previsti nel recente DM 173/2016 per la caratterizzazione e la classificazione della qualità dei sedimenti marini soggetti a movimentazione. Come obiettivi di qualità sono stati considerati in questo studio quelli previsti dagli standard di qualità ambientale (SQA) del D. Lgs 172/2015, ed i valori L1 e L2 del DM 173/2016.

Come riportato nella Tabella 3-LXXIV, l'elaborazione complessiva di tutti i risultati nei confronti degli SQA (D. Lgs 172/2015) e di L1 (DM 173/2016) ha fornito una classe di pericolo Media in tutti i campioni di sedimento, con l'eccezione dei campioni A3, A4, BO NW, BO SE, BO SW e B5 dove è emersa una classe di pericolo chimico Bassa. Gli analiti che hanno fornito il contributo percentualmente superiore all'indice complessivo finale sono l'arsenico e il nichel. La classe di pericolo elaborata nei confronti di L2 (DM 173/2016) è risultata tra Assente e Bassa per tutti i campioni.

Tab. 3-LXXIV - Livello di pericolo chimico ottenuto dalla elaborazione ponderata dei dati chimici di tutti i sedimenti, in riferimento ai limiti degli SQA (D. Lgs 172/2015), L1 e L2 (DM 173/2016).

Campione	SQA (D.Lgs. 172/2015)						L1 (DM 173/2016)						L2 (DM 173/2016)					
	% max	Par non conformi	Par rif misurati	Par misurati	HQ	Livello pericolo chimico	% max	Par non conformi	Par rif misurati	Par misurati	HQ	Livello pericolo chimico	% max	Par non conformi	Par rif misurati	Par misurati	HQ	Livello pericolo chimico
A1	As 55,4%	2	15	32	3,1	MEDIO	As 55,4%	2	22	32	3,1	MEDIO		0	19	32	0,1	ASSENTE
A2	As 57,4%	2	15	32	3,2	MEDIO	As 57,4%	2	22	32	3,2	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,1	TRASCURABILE
A3	Ni 100%	1	15	32	1,7	BASSO	Ni 100%	1	22	32	1,7	BASSO		0	19	32	0,1	ASSENTE
A4	As 100%	1	15	32	1,9	BASSO	As 100%	1	22	32	1,9	BASSO	As 100%	1	19	32	1,1	TRASCURABILE
BO NW	As 100%	1	15	32	1,9	BASSO	As 100%	1	22	32	1,8	BASSO	As 100%	1	19	32	1,1	TRASCURABILE
BO SE	As 100%	1	15	32	2,2	BASSO	As 100%	1	22	32	2,3	BASSO	As 100%	1	19	32	1,3	BASSO
A5	As 58,9%	2	15	32	3,2	MEDIO	As 58,9%	2	22	32	3,1	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,2	TRASCURABILE
A6	As 62,7%	2	15	32	3,4	MEDIO	As 62,7%	2	22	32	3,3	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,3	TRASCURABILE
A7	As 62%	2	15	32	3,6	MEDIO	As 62%	2	22	32	3,6	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,4	BASSO
A8	Ni 55,5%	2	15	32	2,9	MEDIO	Ni 55,5%	2	22	32	2,9	MEDIO		0	19	32	0,1	ASSENTE
B1	As 44,9%	3	15	32	4,2	MEDIO	As 44,9%	3	22	32	4,2	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,2	TRASCURABILE
B2	As 58,9%	2	15	32	3,1	MEDIO	As 58,9%	2	22	32	3,1	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,2	TRASCURABILE
B3	As 60,1%	2	15	32	3,2	MEDIO	As 60,1%	2	22	32	3,2	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,2	TRASCURABILE
B4	As 64,9%	2	15	32	3,4	MEDIO	As 64,9%	2	22	32	3,4	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,3	BASSO
BO NE	As 57,3%	2	15	32	3,1	MEDIO	As 57,3%	2	22	32	3,1	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,1	TRASCURABILE
BO SW	As 100%	1	15	32	2,1	BASSO	As 100%	1	22	32	2,1	BASSO	As 100%	1	19	32	1,2	TRASCURABILE
B5	As 100%	1	15	32	2	BASSO	As 100%	1	22	32	1,9	BASSO	As 100%	1	19	32	1,1	TRASCURABILE
B6	As 43,4%	3	15	32	4,7	MEDIO	As 43,4%	3	22	32	4,7	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,3	BASSO
B7	As 45,9%	3	15	32	4,8	MEDIO	As 45,9%	3	22	32	4,8	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,4	BASSO
B8	As 42,7%	3	15	32	4,2	MEDIO	As 42,7%	3	22	32	4,2	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,2	TRASCURABILE
K1	Ni 39,3%	3	15	32	4,9	MEDIO	Ni 39,3%	3	22	32	4,9	MEDIO		0	19	32	0,2	ASSENTE
K2	As 52,1%	2	15	32	2,8	MEDIO	As 52,1%	2	22	32	2,8	MEDIO		0	19	32	0,1	ASSENTE
K3	As 59,4%	2	15	32	3	MEDIO	As 59,4%	2	22	32	2,9	MEDIO	As 100%	1	19	32	1,1	TRASCURABILE
K4	Ni 38,3%	3	15	32	4,3	MEDIO	Ni 38,3%	3	22	32	4,3	MEDIO		0	19	32	0,2	ASSENTE

3.10.2. CARATTERIZZAZIONE DEL PERICOLO PER IL BIOACCUMULO (LOE2)

L'elaborazione complessiva dei dati di bioaccumulo relativo ai metalli nei tessuti di *H. diversicolor* esposti a sedimenti è stata effettuata utilizzando l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata che considerano, nel loro insieme, il numero, la tipologia e l'entità delle differenze di concentrazione misurate per i vari elementi nei policheti esposti a diversi campioni di sedimenti.

Il livello di pericolo per il bioaccumulo è risultato tra Assente e Basso in tutti gli organismi testati (Tabella 3-LXXV).

Tab. 3-LXXV - Risultati della elaborazione del pericolo biodisponibilità relativo ai metalli accumulati nei tessuti di *H. diversicolor* esposti a sedimenti.

Campione	N, parametri					HQ	Livello di pericolo per la biodisponibilità
	Assente	Basso	Medio	Alto	Molto Alto		
A3	10	2	0	0	0	1,34	BASSO
A4	12	0	0	0	0	0	ASSENTE
BO NW	10	2	0	0	0	1,43	BASSO
BO SE	8	4	0	0	0	1,37	BASSO
A5	11	1	0	0	0	1,34	BASSO
A6	11	1	0	0	0	1,43	BASSO
B3	11	1	0	0	0	1,45	BASSO
B4	11	1	0	0	0	1,45	BASSO
BO NE	9	3	0	0	0	1,43	BASSO
BO SW	9	3	0	0	0	1,34	BASSO
B5	10	2	0	0	0	1,71	BASSO
B6	11	1	0	0	0	1,33	BASSO
K1	11	1	0	0	0	1,33	BASSO
K2	12	0	0	0	0	0	ASSENTE
K3	11	1	0	0	0	1,33	BASSO
K4	11	1	0	0	0	1,33	BASSO

L'elaborazione complessiva dei dati del bioaccumulo di metalli in traccia, idrocarburi policiclici aromatici e idrocarburi alifatici è stata effettuata nei mitili prelevati presso i piloni della piattaforma Bonaccia NW e confrontati ai valori di bioaccumulo ottenuti in mitili prelevati dal sito di controllo; l'integrazione ponderata ha confermato un livello di bioaccumulo Basso nei mitili del campione "vicino anodo" e Medio nel campione "lontano anodo" (Tab. 3-LXXVI).

Tab. 3-LXXVI - Risultati della elaborazione complessiva del pericolo di bioaccumulo di metalli, idrocarburi policiclici aromatici e idrocarburi alifatici nei tessuti di mitili.

Campione	N. parametri					HQ	Livello di pericolo per la biodisponibilità
	Assente	Basso	Medio	Alto	Molto Alto		
vicino anodo	29	3	3	0	0	15,07	BASSO
lontano anodo	28	3	3	0	1	43,76	MEDIO

3.10.3. RISPOSTE BIOLOGICHE MISURATE TRAMITE BIOMARKER (LOE3)

Tutti i risultati dei biomarker ottenuti nei mitili prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW (vicino e lontano anodo) sono stati elaborati tramite l'applicazione di criteri di integrazione ponderata che riassumono un indice di pericolo basato sul numero e sulla rilevanza tossicologica dei biomarker che variano (rispetto ai valori ottenuti in organismi prelevati dal sito di riferimento), sulla significatività statistica e sull'entità di tali variazioni rispetto a specifiche soglie di riferimento; i risultati di queste elaborazioni sono rappresentati in Tab. 3-LXXVII.

Il pericolo elaborato per i biomarker è stato Basso e Medio, rispettivamente nel sito d'indagine "vicino anodo" e "lontano anodo".

Tab. 3-LXXVII - Risultati della elaborazione complessiva del pericolo relativo ai biomarker nei mitili.

Campione	N. Biomarker					Livello di pericolo
	Assente	Basso	Medio	Alto	Molto Alto	
vicino anodo	7	0	1	0	0	BASSO
lontano anodo	5	1	0	1	1	MEDIO

3.10.4. CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DEI SEDIMENTI (LOE4)

La Tab. 3-LXXVIII mostra i risultati dell'elaborazione complessiva della batteria di saggi ottenuta mediante l'applicazione di criteri di integrazione ponderata.

Anche in questo caso, come per l'elaborazione dei dati di caratterizzazione chimica dei sedimenti, sono stati utilizzati gli stessi criteri recepiti all'interno del nuovo DM 173/2016 per la classificazione della qualità e la scelta delle opzioni gestionali per i sedimenti marini da sottoporre a movimentazione. Queste procedure consentono di abbandonare il principio che la classificazione ecotossicologica sia determinata dal risultato peggiore: il giudizio sull'intera

batteria dipende dalla rilevanza tossicologica dell'endpoint misurato da ciascun saggio, dalla soglia di sensibilità di risposta della specie, dalla significatività statistica ed entità delle variazioni misurate e dalle condizioni di saggio.

L'unico saggio ad aver mostrato un effetto di tossicità è quello sullo sviluppo embrionale di *C. gigas*, e l'elaborazione ponderata di tutta la batteria ha evidenziato un livello complessivo di pericolo ecotossicologico tra Assente e Basso per tutti i campioni di sedimenti ad eccezione dei campioni BO NE, BO SW e il controllo K3 che mostrano un livello di pericolo ecotossicologico Medio.

Tab. 3-LXXVIII - Risultati della elaborazione complessiva del pericolo ecotossicologico mediante criteri di integrazione ponderata sulle batterie di saggi costituite da *C. orientale*, *C. gigas*, *D. tertiolecta* e *V. fischeri*.

Campione	Specie	HQ _i	HQ _{BATTERIA}	Livello di pericolo ecotossicologico
A3	<i>Corophium orientale</i>	0,85	0,87	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	3,59		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,55		
A4	<i>Corophium orientale</i>	0,71	0,92	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	4,19		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,41		
BO NW	<i>Corophium orientale</i>	0	0,48	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	2,02		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,73		
BO SE	<i>Corophium orientale</i>	0,57	0,74	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	2,77		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	1,03		
A5	<i>Corophium orientale</i>	0,15	1,19	BASSO
	<i>Crassostrea gigas</i>	5,46		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,91		
A6	<i>Corophium orientale</i>	0,71	0,73	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	3,22		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,29		
B3	<i>Corophium orientale</i>	0	0,79	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	3,96		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,56		
B4	<i>Corophium orientale</i>	1,56	0,74	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	2,32		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,37		

Tab. 3-LXXVIII – Continuo.

Campione	Specie	HQ _i	HQ _{BATTERIA}	Livello di pericolo ecotossicologico
BO NE	<i>Corophium orientale</i>	0,85	1,56	MEDIO
	<i>Crassostrea gigas</i>	6,21		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,92		
BO SW	<i>Corophium orientale</i>	2,97	1,53	MEDIO
	<i>Crassostrea gigas</i>	4,26		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,61		
B5	<i>Corophium orientale</i>	0,2	0,32	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,42		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,21		
B6	<i>Corophium orientale</i>	0,1	0,46	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,87		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,65		
K1	<i>Corophium orientale</i>	0,15	1,07	BASSO
	<i>Crassostrea gigas</i>	5,23		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,64		
K2	<i>Corophium orientale</i>	0,71	0,84	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	3,22		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,88		
K3	<i>Corophium orientale</i>	1,7	1,69	MEDIO
	<i>Crassostrea gigas</i>	6,21		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,6		
K4	<i>Corophium orientale</i>	0,15	0,48	ASSENTE
	<i>Crassostrea gigas</i>	2,02		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
	<i>Vibrio fischeri</i>	0,59		

3.10.5. COMUNITÀ BENTONICHE (LOE5)

In questo studio, per la valutazione delle comunità nell'ambiente intorno alla piattaforma è stata ritenuta appropriata l'applicazione dell'indice AMBI: questo indice è stato ottimizzato per riassumere lo stato ecologico sulla base della risposta delle comunità bentoniche di fondi mobili a disturbi di tipo antropico.

I risultati complessivi hanno evidenziato uno stato ecologico elevato per tutti i campioni.

Come riportato in Tab. 3-LXXIX, l'elaborazione complessiva dei dati sulle comunità bentoniche attraverso la LOE5 del modello Weight Of Evidence (Sediqualsoft), ha fornito una classe di pericolo Assente in tutti i campioni di sedimento.

















Tab. 3-LXXIX - Classi di pericolo ecologico ottenute mediante elaborazione complessiva di tutti i dati disponibili per le comunità bentoniche.

Campione	HQ	Livello di pericolo per la comunità bentonica
A1	12,9	ASSENTE
A2	10,2	ASSENTE
A3	11,6	ASSENTE
A4	9,1	ASSENTE
BO NW	6,8	ASSENTE
BO SE	8,3	ASSENTE
A5	9,9	ASSENTE
A6	10,1	ASSENTE
A7	8,3	ASSENTE
A8	8,7	ASSENTE
B1	8,4	ASSENTE
B2	10,4	ASSENTE
B3	9,7	ASSENTE
B4	7,7	ASSENTE
BO NE	7,5	ASSENTE
BO SW	8,9	ASSENTE
B5	8,3	ASSENTE
B6	9,4	ASSENTE
B7	9,3	ASSENTE
B8	10,3	ASSENTE
K1	8,6	ASSENTE
K2	9,7	ASSENTE
K3	13,4	ASSENTE
K4	9,4	ASSENTE

3.10.6. ELABORAZIONI WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)

Tutti i risultati ottenuti per le diverse tipologie di analisi effettuate sono stati elaborati mediante l'approccio Weight Of Evidence (WOE) che assegna a ciascuna tipologia un peso diverso in funzione della sua rilevanza ecologica nel particolare contesto di indagine. I pesi assegnati alle varie linee di evidenza sono stati: 1,0 per LOE1, 1,2 per LOE2, 1,0 per LOE3, 1,2 per LOE4 e 1,3 per LOE5. L'elaborazione complessiva WOE fornisce sia un valore quantitativo sia un'assegnazione qualitativa ad un livello di rischio tra: Assente (0-20); Basso (20-40); Medio (40-60); Alto (60-80); Molto Alto (80-100). Un primo livello di elaborazione complessiva è stato effettuato per i siti per i quali è stato possibile integrare i risultati di quattro linee di evidenza (LOE-1, LOE-2, LOE-4 e LOE-5). In Tab. 3-LXXX viene riportato, per ciascun campione, sia l'indice di pericolo elaborato e già precedentemente discusso per ciascuna LOE che l'indice di rischio integrato WOE; per questa elaborazione finale sono stati utilizzati, per la LOE 1, gli indici di pericolo ottenuti secondo i riferimenti normativi per gli standard di qualità ambientale SQA (D. Lgs 172/2015). L'indice di rischio WOE risulta Basso ovunque eccetto in A4 (Assente).

Tab. 3-LXXX Risultati relativi alle singole elaborazioni ponderate (LOE1, LOE2, LOE4 e LO5) e integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence).

Campione	LOE1	LOE2	LOE4	LOE5	WOE	
A3	BASSO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
A4	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
BO NW	BASSO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
BO SE	BASSO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
A5	MEDIO	BASSO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
A6	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B3	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B4	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
BO NE	MEDIO	BASSO	MEDIO	ASSENTE	BASSO	
BO SW	BASSO	BASSO	MEDIO	ASSENTE	BASSO	
B5	BASSO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B6	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
K1	MEDIO	BASSO	BASSO	ASSENTE	BASSO	
K2	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
K3	MEDIO	BASSO	MEDIO	ASSENTE	BASSO	
K4	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	

Un ulteriore livello di elaborazione complessiva è stato effettuato integrando i risultati ottenuti per siti riferiti al punto “Bonaccia NW” (BO SE, BO NE, BO SW, BO NW) e per le cinque linee di evidenza.

Anche in questo caso l'indice di rischio complessivo WOE è risultato Basso confermando di poter escludere situazioni compromesse nel sito della piattaforma investigata (Tab. 3-LXXXI e fig. 3.94).

Tab. 3-LXXXVIII - Risultati relativi alle singole elaborazioni ponderate (LOE1, LOE2 - bioaccumulo *H. diversicolor* e *M. galloprovincialis*, LOE3, LOE4 e LO5) e integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence) per la piattaforma Clara NW.

Campione	LOE1	LOE2	LOE3	LOE4	LOE5	WOE
Piattaforma	BASSO	BASSO	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO

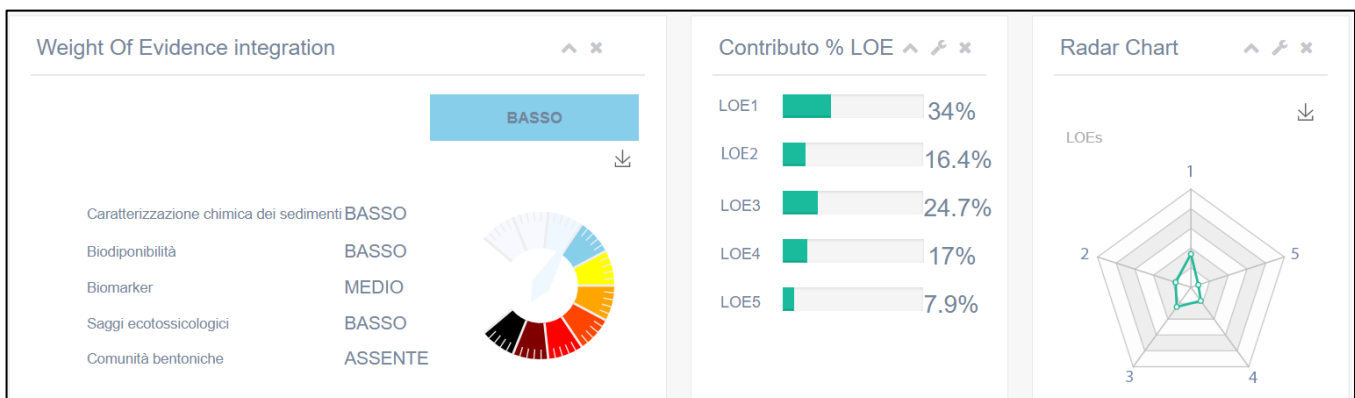


Fig. 3.94 – Output modello Sediqualsoft: integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence) per la piattaforma Bonaccia NW.

4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-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 Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Bonaccia. 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, AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara e Università Politecnica delle Marche.

Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle prescrizioni dell'ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-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-IRBIM dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra; Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2021b); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Bonaccia NW.

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d'acqua (studio delle correnti, caratteristiche fisiche e chimiche), le comunità fito- e zooplanctoniche (solo nelle fasi di pre-survey e durante i lavori di installazione), i sedimenti (granulometria, IPA, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo e biomarker in policheti, quest'ultimo aspetto a partire dal 2019), la ricerca di inquinanti e lo studio di biomarkers in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse della struttura, la composizione qualitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

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

- c. fase di esercizio;
- d. fase di fine esercizio.

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nel 2° semestre del 2019 (4° anno della fase di produzione della struttura) confrontati con i precedenti.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - L'area di posa della piattaforma di estrazione Bonaccia NW è localizzata a circa 30 miglia nautiche dalla costa ed è caratterizzata da condizioni oceanografiche di mare aperto, risentendo solo in parte della circolazione costiera (Artegiani *et al.*, 1997a e 1997b). Le caratteristiche oceanografiche determinate nel 4° anno successivo all'entrata in produzione della piattaforma (2019) sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2015b; 2016b; 2016c; 2017b; 2017c; 2018; 2019a; 2019b; Spagnolo *et al.*, 2020b).

Non sono state rilevate anomalie nella distribuzione dei parametri fisici principali. Vi è stato un periodo prolungato in cui l'ossigeno disciolto negli strati di fondo ha raggiunto percentuali di saturazione inferiori al 100%, in particolare in estate e a dicembre, ma sempre ben lontane da condizioni di ipossia.

La clorofilla *a* è risultata mediamente più elevata in primavera e minima in ottobre, confermando quanto descritto per l'Adriatico centrale da Totti *et al.* (2000). La clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) ha avuto un massimo in maggio, mentre i massimi di Chl *c* sono stati osservati a febbraio.

Il carico di solidi sospeso è risultato in generale maggiore alle quote di fondo come di consueto, in particolare nei mesi estivi, confermando un trend già osservato in Adriatico probabilmente da correlare a processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

In generale non sono emerse particolari differenze tra i siti vicini e quelli lontani da Bonaccia NW per i parametri analizzati.

In definitiva, non sono apparse evidenti delle alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma Bonaccia NW, confermando i risultati precedenti.

Anche dall'analisi degli inquinanti non sono emerse particolari criticità nel 2019 analogamente agli altri anni di indagine. Sostanzialmente, le distribuzioni degli inquinanti

sono risultate spazialmente omogenee, senza particolari differenze tra stazioni posizionate a 100 m di distanza dalla piattaforma e quelle di controllo.

I valori di concentrazione sono risultati generalmente bassi, spesso al di sotto del limite di rilevabilità, e nella seconda metà dell'anno gran parte degli inquinanti è diminuita sensibilmente.

Alla luce di quanto osservato si può concludere che anche nel 2019 le concentrazioni di inquinanti lungo la colonna d'acqua e la loro distribuzione geografica non hanno evidenziato effetti perturbativi significativi da parte della piattaforma Bonaccia NW sull'ambiente marino.

Misure correntometriche – In generale, l'area in cui è installata Bonaccia NW è caratterizzata da correnti molto variabili in direzione, e tale variabilità è stata confermata anche nel 2019. Nel 1° anno di produzione della piattaforma (2016), infatti, era stata rilevata una corrente prevalentemente diretta verso N/NW con alcune rotazioni verso Sud sino a circa metà luglio, periodo in cui si è ripristinata la direzione N/NW rimasta tale sino a metà dicembre quando la direzione è diventata SE. Nel 1° semestre 2017 era stato registrato un andamento prevalente verso NE con rapide rotazioni, mentre nel 2° semestre erano stati interessati praticamente quasi tutti i quadranti con variazioni di direzione ogni 10-20 giorni. Nel 2018, pur essendo prevalente una direzione settentrionale, si è continuato a rilevare rapide rotazioni durante tutto l'anno, con velocità intorno a 0,1 m/s e picchi sporadici sino a 0,3-0,4 m/s.

Anche nel 2019 sono state registrate correnti deboli e variabili in direzione con brevi periodi di stabilità, anche se sono stati raggiunti picchi di 0,2-0,3 m/s prevalentemente nei primi 30 m di profondità. La corrente è risultata quasi sempre omogenea lungo tutta la colonna d'acqua come in precedenza.

Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti – L'area dove è stata installata la piattaforma Bonaccia NW è caratterizzata da un sedimento costituito in prevalenza da sabbia affiancata da percentuali confrontabili di silt ed argilla. Nel periodo esaminato non sono avvenute alterazioni di rilievo nella composizione granulometrica dei sedimenti e quelle osservate, in prevalenza nel 2° monitoraggio post lavori di installazione, avevano interessato anche i controlli. Allo stato attuale si rileva che le variazioni sono sempre state sporadiche e, complessivamente, la tessitura dei sedimenti dopo 4 anni dall'entrata in produzione della piattaforma è in linea con quella registrata nel pre-survey.

Per quanto concerne gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, durante il pre-survey e nelle prime

due campagne post lavori i vari composti avevano presentato concentrazioni modeste molto al di sotto dei valori di riferimento. Durante il survey condotto nell'inverno 2017 (3° post lavori) era invece avvenuto un diffuso incremento di IPA dovuto quasi esclusivamente al Naftalene, le cui concentrazioni risultavano più elevate rispetto ai monitoraggi precedenti e in molti casi maggiori del valore LCB. Tuttavia, tale osservazione riguardava anche le stazioni di controllo escludendo una correlazione con la piattaforma. Nei monitoraggi successivi gli IPA hanno conservato tenori molto bassi, tanto che anche le differenze da sito a sito sono da ritenersi trascurabili. Nel complesso, dunque, non ci sono evidenze di un effetto di Bonaccia NW su questi contaminanti.

Una diffusa presenza di idrocarburi pesanti ($C > 12$) era stata individuata nell'area durante il pre-survey, ma nel corso delle campagne di monitoraggio successive si è ridotta considerevolmente e le concentrazioni sono risultate basse e occasionalmente inferiori al limite di quantificazione. Gli idrocarburi leggeri ($C < 12$) sono risultati sempre non rilevabili. Pertanto, anche nel caso degli Idrocarburi totali è possibile affermare che la piattaforma Bonaccia NW non ha effetti.

Per quanto riguarda i metalli si evidenzia che le concentrazioni rilevate risultano tendenzialmente basse e generalmente non superano i valori di riferimento (DM 173/2016), anzi sono parecchio inferiori in molti casi (cadmio, rame, mercurio, piombo, zinco). La maggior parte degli elementi ricercati non ha presentato variazioni considerevoli nell'intero periodo, anche se è avvenuta qualche anomalia a carico di alcuni metalli. In particolare, l'arsenico rispetto al pre-survey ha raggiunto concentrazioni più elevate già a partire dal 1° survey post lavori di installazione, con il superamento del Livello Chimico di Riferimento Nazionale (LCRN) indicato nel DM 173/2016 quasi ovunque. Poiché tale superamento è sempre avvenuto anche in almeno un controllo, non è attribuibile alla piattaforma. Nell'ultimo monitoraggio è stata eseguita l'estrazione sequenziale in tre siti posizionati lungo i transetti e in uno a ridosso della piattaforma in cui il metallo era risultato più che doppio rispetto all'LCRN e in tutti i quattro casi è stata rilevata una netta preponderanza della frazione non biodisponibile, ad indicare che l'arsenico presente non è dannoso per il biota.

Da segnalare il comportamento del bario che, pur presentando concentrazioni generalmente basse, ha manifestato occasionalmente dei picchi prevalentemente presso la struttura e a 30 m da essa. Nell'estate 2018 la situazione appariva normalizzata, mentre nel monitoraggio successivo (inverno 2019; 7° survey post lavori) era stata rilevata una recrudescenza, con un

tenore medio presso Bonaccia pari a oltre 10 volte la media dei controlli. In particolare presso BO NW era stato registrato il tenore più elevato dell'intero periodo di indagine. A seguito delle concentrazioni nei siti BO, più che doppie rispetto alla media rilevata nel pre-survey, è stata eseguita l'estrazione sequenziale che ha indicato una netta prevalenza, tra il 68% e l'87%, della frazione non biodisponibile del metallo. Nell'ultimo survey (estate 2019) tali picchi non sono stati registrati, ma permangono in BO SE e BO NE evidenti anomalie positive seppur molto inferiori all'inverno precedente, accanto a una concentrazione nel sito A8, situato a 250 m a SE della piattaforma, più che doppia rispetto alla media del pre-survey. Anche per queste tre stazioni è stata eseguita l'estrazione sequenziale del metallo e, analogamente all'inverno, la frazione non biodisponibile è risultata prevalente su quella biodisponibile rappresentando almeno il 78%. Ciononostante, come osservato in precedenza, queste anomalie, seppur modeste in valore assoluto, indicano il perdurare dell'effetto di Bonaccia NW sul bario.

Il nichel ha molto spesso superato l'LCRN sin dal pre-survey (il superamento maggiore è avvenuto proprio in quel monitoraggio in un controllo) sia nell'area circostante la piattaforma, sia nei siti di riferimento, pertanto si ritiene che Bonaccia NW non svolga un ruolo in tal senso.

Il silicio ha presentato sempre un'elevata variabilità: nel pre-survey era risultato inferiore al limite di quantificazione nella maggior parte dei siti, mentre durante le operazioni di installazione della piattaforma, in prossimità della struttura, si registravano concentrazioni molto elevate pari a 14-18 volte la media dei controlli. Dopo l'installazione di Bonaccia NW il silicio era stato rilevato ovunque con concentrazioni maggiori lungo i transetti e nell'area prossima a Bonaccia NW rispetto ai controlli. Poi nelle campagne successive i valori si sono ridotti, risultando più omogenei tra loro e confrontabili tra transetti, area occupata dalla piattaforma e controlli. Nell'ultimo survey, invece, il silicio è aumentato nuovamente: sono state osservate 3 anomalie positive, una a 250 m a NE della piattaforma (B1) e due in corrispondenza della struttura (BO NE e BO SW), con concentrazioni circa triple rispetto alla media dei controlli. Al momento, però, data l'elevata variabilità di questo elemento, quanto osservato non è riconducibile in maniera inequivocabile alla presenza della piattaforma.

Riguardo alla sostanza organica, il picco registrato in BO SW durante i lavori di installazione rappresenta l'unico valore superiore alle concentrazioni rilevate in diversi survey presso il

controllo K4 e rimane pertanto un caso isolato che non indica un'alterazione di questa variabile dovuta alla presenza di Bonaccia NW.

Infine, il TOC ha presentato nel tempo un comportamento particolare in quanto, praticamente assente nel pre-survey, è comparso nelle campagne successive con andamenti confrontabili tra l'area circostante la piattaforma e i siti di controllo; qualche alterazione è stata riscontrata nel 2° survey post lavori di installazione, quando sono stati raggiunti i valori maggiori dell'intero periodo monitorato.

Ecotossicologia dei sedimenti – I saggi biologici eseguiti nell'8° monitoraggio post lavori di installazione (estate 2019) relativi a *Dunaliella tertiolecta* e *Vibrio fischeri* hanno confermato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata già osservata sin dal pre-survey. Anche per quanto concerne la sopravvivenza dell'anfipode *Corophium orientale* a fine periodo sembra si siano ripristinate le condizioni iniziali di non tossicità. Per questo organismo erano stati segnalati sporadici casi di tossicità bassa nei primi tre monitoraggi post lavori di installazione, che avevano interessato per lo più i siti di controllo, ma nell'inverno 2019 (7° post lavori) era avvenuto un consistente peggioramento in corrispondenza della piattaforma e lungo i transetti. Tale situazione rappresenta, allo stato attuale, un episodio isolato.

Per quanto concerne il test per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*, l'estate 2019 è la stagione maggiormente impattata soprattutto nell'area circostante la piattaforma, dove in due siti, A5 posto a 30 m a SE e BO NE, è stata registrata per la prima volta una tossicità alta. Altrove la tossicità è risultata bassa o media, analogamente alle stazioni di controllo. E' da rilevare che questo test per la sua elevata sensibilità ha fornito quasi sempre risultati peggiori rispetto agli altri e che in tutti i monitoraggi anche uno o più siti di controllo sono stati interessati dalla presenza di tossicità bassa o media, a seconda dei periodi e analogamente alla zona in cui è presente la piattaforma.

Comunque, analizzando nel complesso i risultati ottenuti alla fine del 4° anno dall'entrata in produzione di Bonaccia NW è emersa l'assenza di tossicità nella maggior parte dei casi. La situazione rilevata con l'ostrica anche ai controlli fa supporre l'esistenza anche di fattori alternativi alla piattaforma responsabili dei pattern osservati.

Analisi di biomarker e inquinanti in *Hediste diversicolor* - Gli indici biologici di stress condotti su *H. diversicolor* nell'estate 2019 confermano nel complesso quanto rilevato in inverno, ovvero uno scarso effetto tossico associato alla presenza di sostanze inquinanti nei sedimenti come indicato dall'assenza di mortalità nei policheti utilizzati. Viene osservata una

lieve forma di stress associata alla stabilità delle membrane lisosomiali nei celomociti degli organismi esposti ai sedimenti prelevati intorno alla piattaforma già rilevata nella stagione precedente.

Anche nell'ultimo survey si conferma il basso numero di elementi bioaccumulati. Si evidenzia un peggioramento nel 2019 per lo zinco, bioaccumulato comunque anche in uno o due controlli, e del bario. In questo caso, l'accumulo era stato rilevato esclusivamente nell'area circostante la struttura in inverno, e per questo correlabile ad essa, mentre in estate tale esclusività non è scontata essendo stato il fenomeno osservato anche ai controlli. Analogamente, valutando i livelli di biodisponibilità di composti policiclici aromatici, rari sono stati i casi in cui un composto ha presentato i valori maggiori lungo i transetti o nei siti della piattaforma in entrambe le stagioni. I livelli osservati sono risultati estremamente contenuti e confrontabili con aree costiere caratterizzate da un moderato livello di pressione antropica (Driscoll e McElroy, 1996; Cornelissen *et al.*, 2006).

Analisi di biomarker e inquinanti in *Mytilus galloprovincialis* – L'analisi del bioaccumulo di idrocarburi alifatici, di idrocarburi policiclici aromatici e di elementi in traccia non evidenzia criticità degne di nota nei mitili campionati nell'estate 2019, con valori solitamente sempre bassi o inferiori ai LOD delle metodiche analitiche e comunque sempre rientranti all'interno dei normali range di variazione nota per mitili provenienti da aree costiere o off-shore non soggette da fenomeni di contaminazione o perturbativi. Gli esemplari utilizzati come riferimento hanno mostrato livelli elevati di IPA e soprattutto idrocarburi alifatici, che verranno tenuti sotto controllo.

Per quanto concerne i biomarker analizzati nell'estate 2019, non sono emerse alterazioni significative negli esemplari della piattaforma rispetto a quelli di riferimento ad eccezione di alcune variazioni puntiformi come l'induzione dell'attività enzimatica della catalasi e dei geni MT₁₀ e MT₂₀, variazioni che tuttavia possono essere ascrivibili a situazioni temporanee o di normali fluttuazioni biologiche tipiche di questi organismi bioindicatori.

Comunità bentonica – Come già osservato in tutti i survey finora condotti (Fabi *et al.*, 2019c), anche nell'estate 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 *Aphelochaeta filiformis*, *Paradiopatra calliopae* e *Ophelina cylindricaudata*.

Com'è logico vista l'ubicazione della piattaforma, i popolamenti sono apparsi costituiti

soprattutto da organismi di substrato mobile, per lo più di policheti e, in misura minore, crostacei e molluschi. In corrispondenza della piattaforma sono risultati particolarmente importanti i taxa di substrato duro o comunque ecologicamente legati ad essi, che sono aumentati nel 2019 rispetto all'estate 2018 essendo passati da 18 a 30 e oltre nelle due stagioni dell'ultimo anno. Attorno a Bonaccia NW alcune di queste specie (es. *Anomia ephippium* e *Neopycnodonte cochlear*) sono diventate preponderanti in termini di numero di individui sino a risultare dominanti in alcuni casi. Analogamente ai due anni precedenti, anche nel 2019 i valori maggiori di tutti gli indici biotici sono stati registrati nelle stazioni corrispondenti alla piattaforma con una tendenza al decremento alle distanze maggiori. Inoltre, è stato evidenziato un incremento della Ricchezza specifica totale rispetto al pre-survey di 5 volte in corrispondenza di Bonaccia NW, mentre a 60 m di distanza e ai controlli l'aumento è stato rispettivamente di 4 e 3 volte. Quanto esposto conferma che la presenza della struttura determina un arricchimento delle comunità macrozoobentoniche come normalmente osservato presso le strutture di estrazione offshore installate in Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2005c; Trabucco *et al.*, 2006; 2008; Manoukian *et al.*, 2010).

La valutazione dello stato ecologico relativa all'ultimo monitoraggio è risultata compresa tra buono e buono/moderato ovunque. Nel tempo in corrispondenza di Bonaccia NW lo stato ecologico non è mai stato peggiore rispetto a quello dei riferimenti.

Comunità ittica - I risultati dei survey effettuati nei quattro anni di indagine con reti tremaglio hanno evidenziato valori di Ricchezza e Diversità specifica superiori presso la piattaforma Bonaccia NW rispetto alle due aree di riferimento, in linea con monitoraggi progressi effettuati in Adriatico settentrionale presso altre strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2021b) e con alcuni studi condotti in altre zone (Stanley e Wilson, 1990; 1997; Schroeder *et al.*, 1999; Love *et al.*, 2000; 2005; Løkkerborg *et al.*, 2002, Pradella *et al.*, 2014). Anche i rendimenti di pesca sia in numero che in peso sono risultati superiori presso il sito di estrazione rispetto ai controlli. L'elevata concentrazione di organismi in prossimità delle piattaforme offshore è verosimilmente una conseguenza di vari fattori: la maggiore disponibilità di cibo rispetto alle aree di mare aperto, il minor rischio di predazione e, infine, il possibile effetto tigmotropico generato dai piloni sommersi (Bohnsack *et al.*, 1991). Situazioni analoghe sono già state evidenziate presso le piattaforme Annalisa, Barbara NW, Calipso, Clara Est e Tea (Fabi *et al.*, 2003; 2004a; 2004b; 2006; 2010b; 2015;

Scarcella *et al.*, 2011) ubicate nell'Adriatico centro-settentrionale a profondità comprese tra 40 m e 75 m.

Bonaccia NW ha esercitato un'azione attrattiva sulla comunità ittica sin dalla sua installazione, soprattutto nei confronti di alcune specie parzialmente attratte dai substrati duri sia pelagiche, quali *Boops boops*, *Trachurus picturatus* e *Scomber japonicus*, sia necto-bentoniche come *Pagellus bogaraveo*. Presso la piattaforma, inoltre, sono state catturate in maniera esclusiva alcune specie di pesci con elevata affinità per i substrati duri, come il bentonico *Scorpaena porcus*, il necto-bentonico *Spondilyosoma cantharus* e il pelagico *Seriola dumerili*. E' stato anche rilevato il mollusco cefalopode *Octopus vulgaris*, anch'esso con un elevato grado di affinità per i substrati duri, e la cernia di fondale *Polyprion americanus*, anche questo un organismo non comune che predilige fondali duri e rinvenuto in prossimità di Bonaccia NW nella stagione estiva del 2016. Nei pressi della piattaforma si è registrata costantemente la presenza di due specie commercialmente importanti, il crostaceo *Nephrops norvegicus* e il pesce necto-bentonico *Merluccius merluccius*, entrambe caratteristiche del fondo mobile originario dove si rinvencono in abbondanza e dove sono comunemente pescate dalle marinerie locali. E' interessante sottolineare che entrambi questi organismi sono stati catturati in quantitativi decisamente superiori in piattaforma rispetto alle aree di controllo in mare aperto, per cui è verosimile che la struttura espliciti nei loro confronti un "effetto rifugio".

Attraverso l'analisi qualitativa delle catture è stata anche riscontrata la presenza nella zona di Selaci; in particolare, presso Bonaccia NW sono state censite 6 specie appartenenti a questo gruppo (*Scyliorhinus canicola*, *Scyliorhinus stellaris*, *Torpedo marmorata*, *Squalus acanthias*, *Raja miraletus* e *Raja asterias*), mentre esclusivamente ai controlli sono stati osservati esemplari di *Mustelus mustelus*.

Ai dati di cattura sono stati associati survey acustici eseguiti con MultiBeam Echosounder e indagini video per ottenere maggiori informazioni ulteriori circa il popolamento ittico che gravita attorno alle piattaforme offshore. Queste due metodologie, infatti, sondando interamente la colonna d'acqua, permettono di individuare anche la presenza di specie piccole e pelagiche che vengono catturate in quantità minore rispetto alla reale abbondanza a causa dell'etologia delle specie stesse e della selettività e dell'altezza limitata della rete utilizzata. Mediante l'impiego di più metodiche è pertanto possibile ottenere un quadro più completo della comunità ittica presente in prossimità della piattaforma.

In riferimento ai dati registrati mediante MBES nel 2019, sono stati individuati banchi di pesce di notevoli dimensioni in prossimità della piattaforma e del fondale come il n. 15 di aprile, il n. 5 di luglio, il n. 3 di ottobre e il n. 2 di novembre, da ricondursi a specie necto-bentoniche quali *M. merluccius* e *T. minutus capelanus* già censite nell'area con i campionamenti di pesca.

Aggregazioni poste a profondità minori ma comunque sostanzialmente attratte dal substrato duro della piattaforma, come ad esempio il banco n. 4 di novembre 2019, sono verosimilmente rappresentate da organismi pelagici o necto-bentonici parzialmente attratti (es.: *Trachurus* spp e *B. boops*). La presenza di questi banchi più superficiali è stata testimoniata in diverse occasioni dalle immagini video registrate in prossimità dei pali della piattaforma, ma la loro vicinanza alla struttura stessa rende molto difficoltosa la loro identificazione tramite MBES. Piccole aggregazioni attorno alla struttura ma poste a profondità maggiori rispetto a quelle sopra descritte, come ad esempio i nn. 10 di febbraio, 4 di marzo, 11 e 12 di aprile, 7 di maggio e 4 di dicembre 2019, sono probabilmente riconducibili a specie necto-bentoniche parzialmente attratte come *Pagellus* spp., anche in questo caso individuate anche con la videocamera.

I grandi banchi di pesce registrati tutto l'anno a profondità variabili a distanze maggiori da Bonaccia NW sono presumibilmente da ricondursi a specie pelagiche abbondanti nell'area come ad esempio *E. encrasicolus*, che tendono a formare grosse aggregazioni con un significativo sviluppo in altezza (Iglesias *et al.* 2003, Tsagarakis *et al.* 2012). Questi organismi pelagici nelle ore diurne (periodo in cui viene condotta l'indagine acustica) si trovano negli strati di acqua più profondi, ed è per questo motivo che vengono sempre individuati in prossimità del fondale, mentre nelle ore notturne (periodo in cui avviene il campionamento di pesca), salgono lungo la colonna d'acqua e, dunque, vengono sottostimati dai campionamenti con le reti.

Rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini – Nell'intero periodo di indagine (ad esclusione delle fasi di installazione e perforazione dei pozzi i cui risultati sono riportati in Leonori *et al.*, 2016) sono avvenuti un solo avvistamento di cetacei nell'area circostante la piattaforma Bonaccia NW durante la fase di pre-survey, quattro nel 3° anno successivo all'entrata in produzione di Bonaccia NW e due nel 4° anno. In due di queste occasioni l'avvistamento ha riguardato tartarughe marine della specie *Caretta caretta*, nelle altre individui (da 1 a 12) di tursiopi (*Tursiops truncatus*). E' pertanto ipotizzabile che l'area non



sia assiduamente frequentata da questi organismi.

Analisi di rischio ecologico (WOE) - Il modello WOE applicato in questa indagine ha permesso l'interpretazione di ampi data-set di dati scientificamente complessi ed eterogenei, superando la logica del confronto tabellare e aumentando così la capacità di discriminare variate condizioni ambientali. La possibilità di applicare un'elaborazione scientificamente robusta, per riassumere indici sintetici di facile comprensione, è un grande supporto nei processi di valutazione del rischio ambientale. E' stata ottenuta una serie di indici sintetici di pericolo, ciascuno specifico per ogni tipologia di indagine (o linea di evidenza, LOE). Tali indici di pericolo si riferiscono alle caratteristiche chimiche dei sedimenti in riferimento sia agli SQA del D. Lgs 172/2015 sia ai valori L1 e L2 del DM 173/2016 (LOE1), alla biodisponibilità dei metalli associati ai sedimenti per il polichete *H. diversicolor* e per i mitili *M. galloprovincialis* prelevati direttamente dai piloni della piattaforma Bonaccia NW (LOE2), alle risposte biologiche (biomarker) analizzate negli stessi mitili (LOE3), alle caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti valutate tramite una batteria di saggi biologici (LOE4) e allo studio delle comunità bentoniche attraverso l'applicazione dell'indice AMBI (LOE5).

In prima analisi l'integrazione finale WOE è stata calcolata per tutti i siti per cui si disponeva di dati completi per quattro linee di evidenza (LOE-1 chimica dei sedimenti, LOE-2 bioaccumulo (*Hediste diversicolor*), LOE-4 saggi ecotossicologici, LOE-5 comunità bentoniche) e ha permesso di ottenere un indice di rischio che risulta Basso per tutti i siti inclusi i controlli, ad eccezione del sito A4 che mostra un rischio Assente.

Le indagini sul bioaccumulo e sulle risposte biologiche ottenute nei mitili prelevati dai piloni della piattaforma hanno consentito di svolgere una elaborazione ulteriore per il sito "Bonaccia NW" per il quale l'analisi finale WOE è stata effettuata integrando, oltre le linee di evidenza già citate, anche quella relativa al bioaccumulo (LOE2) e biomarker nei mitili (LOE3). Questo ulteriore livello di approfondimento ha permesso di ottenere un livello di rischio Basso per il sito della piattaforma.

Nel complesso questi risultati consentono quindi di escludere situazioni di compromissione nell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW.

5. BIBLIOGRAFIA

- Anderson M.J. 2001. A new method for non parametric multivariate analysis of variance. *Austral. Ecol.*, 26: 32-46.
- 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).
- Banni M., Dondero F., Jebali J., Guerbej H., Boussetta H., Viarengo A. 2007. Assessment of heavy metal contamination using real-time PCR analysis of mussel metallothionein MT10 and MT20 expression: a validation along the Tunisian coast. *Biomarkers*, 12(4): 369-383.
- 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., Ferriera J.G., Franco A., Marques J.C., Melo J.J., Nobre A., Ramos L., Reis C.S., Salas F., Silva M.C., Simas T., Wolff W. 2004. *Typology and reference conditions for Portuguese transitional and coastal waters*. Instituto da Agua. Instituto do Mar, Lisbon.
- Bohnsack J.A., Jhonson D.L., Ambrose R.F. 1991. Ecology of artificial reef habitats and fishes. Pages 61-108, in Seaman W.J., Sprague L.M. (Eds.), *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*. Academic Press. San Diego, California.
- 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., Clerandeanu 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., Clerandeanu 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.
- Canesi L., Borghi C., Ciacci C., Fabbri R., Vergani L., Gallo G. 2007. Bisphenol-A alters gene expression and functional parameters in molluscan hepatopancreas. *Mol. Cell. Endocrinol.*, 276(1-2): 36-44.
- 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.
- Cornelissen G., Breedveld G.D., Næs K., Oen A.M.P., Ruus A. 2006. Bioaccumulation of native polycyclic aromatic hydrocarbons from sediment by a polychaete and a gastropod: freely dissolved concentrations and activated carbon amendment. *Environ. Toxicol. Chem.*, 25(9): 2349-2355.
- 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.
- Driscoll S.K., McElroy A.E. 1996. Bioaccumulation and metabolism of benzo[a]pyrene in three species of polychaete worms. *Environ. Toxicol. Chem.*, 15(8): 1401-1410.
- Duroc 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.
- Dunn O.J. 1964. Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 6(3): 241-252.
- Etioppe, 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. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., Bernardi Aubry F., Boldrin A., Camatti E., De Biasi A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Spagnolo A. 2015b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Pre-survey (dicembre 2014 - marzo 2015). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche, ecotossicologia dei sedimenti e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 132 + XXX 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., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cassin D., De Biasi A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di posa in opera (aprile 2015 - gennaio 2016). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche, indagini sedimentologiche e indagini sulla comunità*

- bentonica. Rapporto n. 2. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 152 + XXVI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Gaetani A., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2016). Rapporto n. 3.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 162 + LIII 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., Gaetani A., Kozinkova L., Polidori P., Salvalaggio V. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto finale 1° anno (gennaio - dicembre 2016). Rapporto n. 3.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 233 + LIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2017c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - rapporto semestrale 2° anno (gennaio-giugno 2017). Rapporto n. 5.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 173 + LIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., De Biasi A.M., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2018. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto Finale 2° anno (dal pre-survey a dicembre 2017).* Rapporto n. 7. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 87 + XIX pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Tasseti A.N. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 3° anno. Rapporto n. 8.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 151 + XLIX pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Salvalaggio V. 2019b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 3° anno (dal pre-survey a dicembre 2018). Rapporto n. 10.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 263 + LII pp.
- Fattorini D., Notti A., Di Mento R., Cicero A.M., Gabellini M., Russ, A., Regoli F. 2008. Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from the Adriatic sea: A regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of off-shore activities. *Chemosphere*, 72(10): 1524-1533.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés.* Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. Rome, FAO. 760 pp.

- 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., Da Ros L., Meneghetti F., Nasci C., Spagnolo A., Fabi G. 2011. Integrated use of biomarkers in the mussel *Mytilus galloprovincialis* for assessing off-shore gas platforms in the Adriatic Sea: results of a two-year biomonitoring program. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(11): 2483-2495.
- Gomiero A., Volpato E., Nasci C., Perra G., Viarengo A., Dagnino A., Spagnolo A., Fabi G. 2015. Use of multiple cell and tissue-level biomarkers in mussels collected along two gas fields in the northern Adriatic Sea as a tool for long term environmental monitoring. *Mar. Poll. Bull.*, 93(1-2): 228-244.
- 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.
- Leonori I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Bonaccia NW*. Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 133 pp.
- Lindman H.R. 1992. *Analysis of variance in experimental design*. Springer-Verlag Eds., New York. 531 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.

- Love M.S., Schroeder M.D., Leanz W.H. 2005. Distribution of Boccaccio (*Sebastes paucispinis*) and Cowcod (*Sebastes levis*) around oil platforms and natural outcrops off California with implication for larval production. *Bull. Mar. Sci.*, 77(3): 397-408.
- 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.
- Margalef, R., 1969. *Perspectives in Ecological Theory*. The University of Chicago Press, Chicago.
- 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.
- Mistri M., Munari C., 2008. BITS: a SMART indicator for soft-bottom, non-tidal lagoons. *Mar. Pollut. Bull.*, 56: 587-599.
- 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., 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience, New York.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., 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.
- Piva F., Ciapri F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A., Regoli F. 2011. Assessing sediment hazard through a Weight Of Evidence approach with bioindicator organisms: a practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere*, 83: 475-485.
- Pradella N., Fowler A.M., Booth D.J. and Macreadie P.I. 2014. Fish assemblages associated with oil industry structures on the continental shelf of north-western Australia. *J. Fish Biol.*, 84: 247-255.
- Regoli F., D'Errico G., Nardi A., Mezzelani, M., Fattorini, D., Benedetti M., Di Carlo M., Pellegrini D., Gorbi S. 2019. Application of a weight of evidence approach for monitoring complex environmental scenarios: The case-study of off-shore platforms. *Frontiers in Marine Science*. 6, 377
- 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.
- Shannon C.E., Weaver W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois.
- 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.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 283 + CXXIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Montagnini L., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto finale 4° anno (2019). Rapporto n. 15*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 303 + CXIX 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. Plankton Res.*, 22(9): 1735–1756.
- Trabucco, B., Cicero, A.M., Gabellini, M., Virno Lamberti, C., Di Mento, R., Bacci, T., Moltedo, G., Tomassetti, P., 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.
- 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.
- 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.
- Vincent C., Heinrich H., Edwards A., Nygaard K., Haythornthwarite J. 2002. *Guidance on typology, reference conditions and classification systems for transitional and coastal waters*. CIS Working Group 2.4 (Coast) Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission.
- 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.