

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 5° ANNO (2020)

RAPPORTO n. 15

OPERATORE SCIENTIFICO:

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

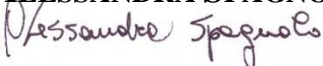
COORDINATORE:

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

MARIA SAGGIOMO

VERA SALVALAGGIO

GIUSEPPE SIENA

LIDIA URBINI



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

V. Salvalaggio	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
C. Fabbro	OGS	Campionamento in mare
T. Diociaiuti	OGS	Campionamento in mare
L. Urbini	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
F. Relitti	OGS	Analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
A. Buondonno	SZN	Campionamento in mare, analisi clorofille
M. Cannavacciolo	SZN	Campionamento in mare
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

T. Manarini	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
L. Montagnini	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
V. Salvalaggio	CNR-IRBIM	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
A. Gomiero	NORCE Research Institute Norvegia	Analisi di bioaccumulo in <i>H. diversicolor</i> e stesura relazione

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, stesura relazione
T. Manarini	CNR-IRBIM	Campionamento in mare, Sorting e identificazione e stesura relazione
L. Montagnini	CNR-IRBIM	Campionamento in mare, sorting e identificazione
F. Rebecchi	CNR-IRBIM	Sorting e identificazione
A. Spagnolo	CNR-IRBIM	Elaborazione dati
S. Ciancimino	SZN	Sorting e identificazione
P. Fasciglione	SZN	Sorting e identificazione
S. Fioretti	SZN	Sorting e identificazione
R. Guglielmo	SZN	Sorting e identificazione
M. Lorenti	SZN	Identificazione isopodi
B. Scipione	SZN	Identificazione anfipodi

ANALISI COMUNITA' ITTICA

C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati provenienti dai campionamenti di pesca, stesura relazione
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

ANALISI DI RISCHIO AMBIENTALE

F. Regoli	CONISMA-UNIVPM	Responsabile Scientifico Analisi di rischio ambientale
S. Gorbi	CONISMA-UNIVPM	Stesura relazione Analisi di rischio ambientale
G. D'Errico	CONISMA-UNIVPM	Analisi di rischio ambientale (WOE)

SUPPORTO INFORMATICO

P. Scarpini	CNR-IRBIM	Gestione e manutenzione dei supporti informatici per l'elaborazione e conservazione dei dati
-------------	-----------	--

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	4
2.1.1.	CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	7
2.1.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLE COMUNITÀ BENTONICHE	7
2.1.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	10
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	11
2.1.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO	11
2.1.7.1	Campionamenti di pesca	11
2.1.7.2	Investigazioni acustiche	12
2.1.7.3	Indagini video in prossimità della piattaforma.....	14
2.1.8.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI	14
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	15
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	15
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	24
2.2.3.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI	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>	34
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 SULLE COMUNITÀ BENTONICHE.....	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.....	99

3.1.6.	METALLI PESANTI.....	100
3.1.7.	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	107
3.1.7.1	Indagini fisiche, chimiche e biologiche.....	107
3.1.7.2	Indagini sugli inquinanti.....	110
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	120
3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	129
3.3.1.	GRANULOMETRIA.....	129
3.3.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	133
3.3.3.	IDROCARBURI TOTALI.....	146
3.3.4.	METALLI PESANTI.....	148
3.3.4.1	Estrazione sequenziale dell'arsenico e del bario.....	164
3.3.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	165
3.3.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC).....	168
3.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	170
3.4.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	170
3.4.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	171
3.4.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	172
3.4.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	174
3.5.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	177
3.5.1.	RICERCA DI METALLI PESANTI.....	178
3.5.2.	BIOMARKER.....	183
3.5.2.1	Micronuclei.....	183
3.5.2.2	Determinazione dell'attività di catalasi.....	186
3.5.2.3	Determinazione dell'attività della glutatione transferasi.....	187
3.5.2.4	Stabilità delle membrane lisosomiali.....	188
3.5.2.5	Determinazione dell'attività mitocondriale.....	189
3.5.2.6	Livelli di metallotioneine.....	190
3.5.2.7	Valutazione dei composti aromatici per via immuno- fluorescente.....	191
3.6.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	192
3.6.1.	INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI.....	192
3.6.1.1	Materia organica estratta (MOE).....	192
3.6.1.2	Idrocarburi Alifatici (IA).....	193
3.6.1.3	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	196
3.6.1.4	Metalli pesanti.....	198
3.6.2.	BIOMARKER.....	201
3.6.2.1	Stress on stress.....	201
3.6.2.2	Micronuclei.....	201
3.6.2.3	Valutazione del contenuto di lipofuscine.....	203
3.6.2.4	Valutazione del contenuto di lipidi neutri.....	203
3.6.2.5	Stabilità delle membrane lisosomiali.....	204
3.6.2.6	Attività della Catalasi.....	205
3.6.2.7	Livelli di Malondialdeide.....	206
3.6.2.8	Livelli di Metallotioneine.....	206
3.6.2.9	Livelli di mRNA delle metallotioneine MT10 e MT20.....	207
3.7.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	208
3.7.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P).....	208
3.7.2.	AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE.....	212

3.7.3.	DOMINANZA	217
3.7.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)	221
3.7.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M)	225
3.7.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H')	225
3.7.7.	MUTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)	228
3.7.8.	INFLUENZA DELLA PIATTAFORMA BONACCIA NW SUL POPOLAMENTO BENTONICO CIRCOSTANTE.....	230
3.7.9.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE	231
	3.7.9.1 Indice W di Clarke	231
	3.7.9.2 Indice AMBI.....	231
	3.7.9.3 Indice BENTIX	231
	3.7.9.4 Stato ecologico	232
3.7.10.	<i>MYTILUS GALLOPROVINCIALIS</i>	243
3.8.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	245
3.8.1.	CAMPIONAMENTI DI PESCA	245
	3.8.1.1 Ricchezza specifica (S) e diversità specifica (H')	245
	3.8.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture	251
	3.8.1.3 Affinità delle specie catturate con i substrati duri	254
	3.8.1.4 PERMANOVA e Principal Coordinate analysis (PCO).....	258
3.8.2.	INVESTIGAZIONI ACUSTICHE	259
3.8.3.	INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA.....	273
3.9.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI	276
3.10.	ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)	279
	3.10.1. CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI (LOE 1)	279
	3.10.2. CARATTERIZZAZIONE DEL PERICOLO PER IL BIOACCUMULO (LOE 2)	281
	3.10.3. RISPOSTE BIOLOGICHE MISURATE TRAMITE BIOAMARKER (LOE 3)	282
	3.10.4. CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DEI SEDIMENTI (LOE 4)	282
	3.10.5. COMUNITÀ BENTONICHE (LOE 5)	284
	3.10.6. ELABORAZIONI WEIGHT OF EVIDENCE (WOE)	285
4.	CONCLUSIONI.....	288
5.	BIBLIOGRAFIA	300
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.....	cx

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 dal 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. 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; 2022) 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 insediati sulle parti sommerse della piattaforma (*Mytilus galloprovincialis*);
8. evoluzione del popolamento ittico;
9. rilevamento del passaggio di cetacei.

Il monitoraggio comprende le seguenti fasi, durante le quali sono state /saranno svolte le indagini elencate nel dettaglio in Tab. 1-I:

- a. Fase precedente alla posa in opera della struttura;
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi;
- c. Fase di produzione;
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento;
 2. smantellamento;
 3. post-smantellamento.

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 sino al 5° anno post lavori di installazione (2020). Si ricorda che nel 1° semestre 2020 alcune indagini non sono state effettuate a causa del lockdown nazionale per COVID-19 che ha bloccato tutte le attività a partire dal 9 marzo (Spagnolo *et al.*, 2021c). Le indagini non concluse sono state ripetute nel 1° semestre 2021 e per esse verrà prodotto un report ad hoc.

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale. In verde le fasi di monitoraggio concluse, in giallo quelle ancora in corso, in rosa quelle non eseguite nel 1° semestre 2020 e ripetute nel 1° semestre 2021.

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) (Leonori *et al.*, 2016)

** 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.

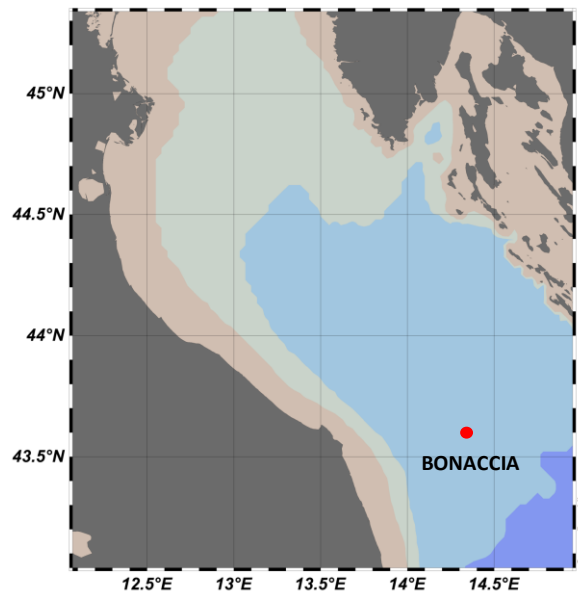


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Bonaccia NW.

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 5° anno di produzione della piattaforma (2020) sono stati condotti 4 survey (febbraio, agosto, novembre e dicembre). Nel 1° semestre non è stato possibile condurre le campagne previste a marzo e a maggio a causa del lockdown nazionale (Spagnolo *et al.*, 2021c).

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).

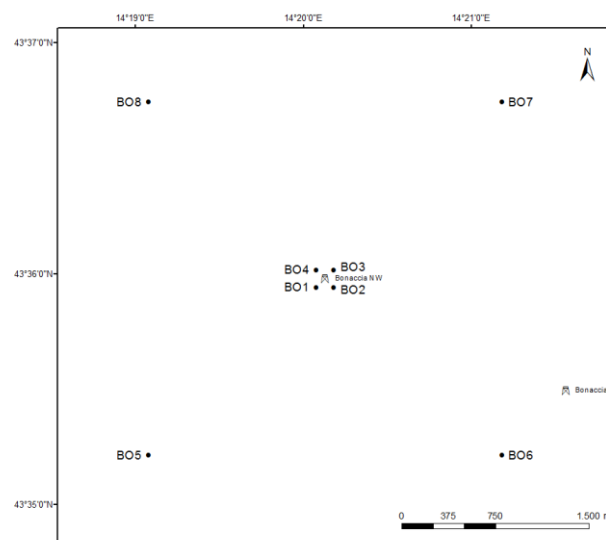


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma per le indagini idrologiche.

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,

nicel, 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

Nel 2020 è 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 21 celle da 4 m sino al 01 agosto e in 25 celle sino a fine periodo, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. Sono stati registrati dati dal 01 gennaio al 31 dicembre.

2.1.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLE COMUNITÀ BENTONICHE

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 2020, ovvero nel 10° survey post lavori di installazione.

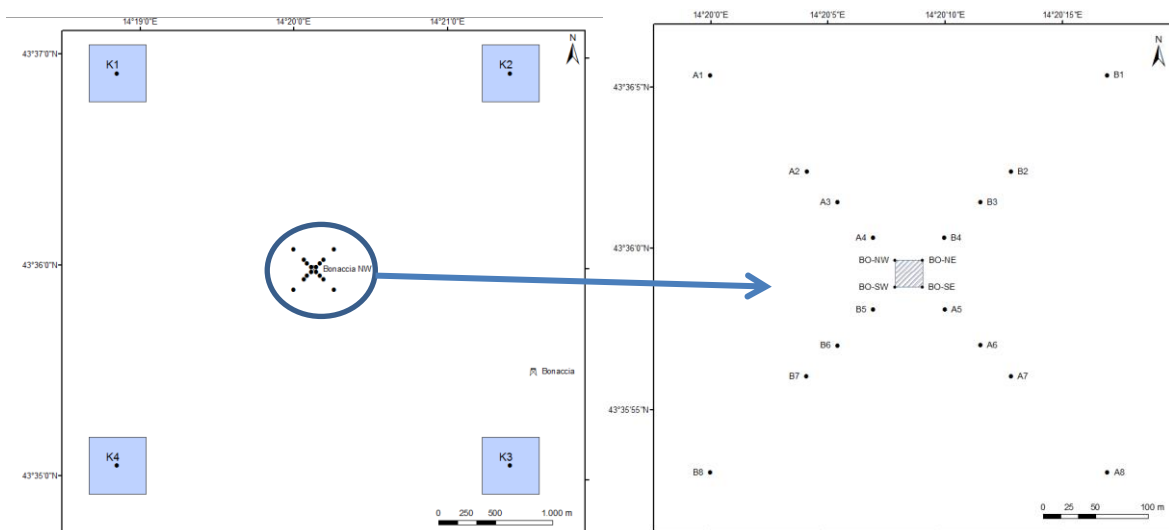


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica nella fase di produzione di Bonaccia NW, con il particolare dei 20 siti posti attorno alla piattaforma.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 10° 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°36'206N 14°20'087E	86,6
A2	120	NW	43°36'150N 14°20'134E	86,9
A3	60	NW	43°36'124N 14°20'153E	87,1
A4	30	NW	43°36'110N 14°20'169E	87,0
BO NW	0	NW	43°36'101N 14°20'173E	86,4
BO SE	0	SE	43°36'021N 14°20'163E	87,3
A5	30	SE	43°36'015N 14°20'180E	87,3
A6	60	SE	43°36'005N 14°20'207E	87,4
A7	120	SE	43°36'026N 14°20'250E	87,2
A8	250	SE	43°35'936N 14°20'391E	87,1
B1	250	NE	43°36'119N 14°20'284E	87,3
B2	120	NE	43°36'098N 14°20'214E	87,3
B3	60	NE	43°36'075N 14°20'177E	87,2
B4	30	NE	43°36'062N 14°20'156E	87,4
BO NE	0	NE	43°36'036N 14°20'152E	87,0
BO SW	0	SW	43°36'069N 14°20'172E	86,9
B5	30	SW	43°36'065N 14°20'160E	87,0
B6	60	SW	43°36'049N 14°20'149E	87,1
B7	120	SW	43°36'012N 14°20'137E	87,2
B8	250	SW	43°35'948N 14°20'075E	87,1
K2	2000	NW	43°36'910N 14°18'903E	83,8
K3	2000	NE	43°36'989N 14°21'797E	85,6
K4	2000	SE	43°34'827N 14°21'512E	85,2
K4	2000	SW	43°35'062N 14°18'973E	85,8

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 $+4^{\circ}\text{C}$.

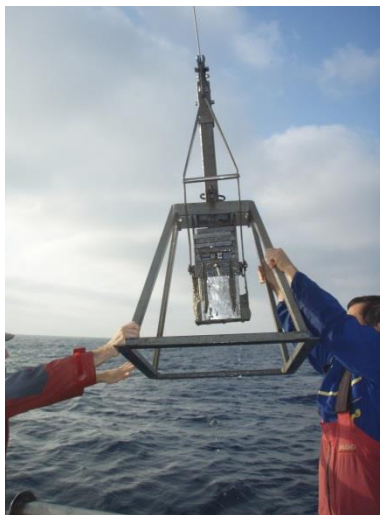


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

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.

Inoltre, a partire dall'estate 2017 ad ogni campionamento è stato prelevato un campione di mitili (*Mytilus galloprovincialis*) adesi sulle parti sommerse della piattaforma a circa 3-4 m di profondità utilizzando un frame 40x40 cm. Il campione è stato subito pesato e congelato per le successive analisi biometriche. Precedentemente, nei due campionamenti del 2016 (1° anno di produzione di Bonaccia NW) non erano stati rinvenuti esemplari sui piloni di Bonaccia NW mentre nell'inverno 2017 ENI aveva provveduto alla pulizia dei piloni prima che venisse effettuato il prelievo. Infine, nell'inverno 2020 non è stato possibile raccogliere il campione per il lockdown determinato dal COVID-19.

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, 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. A partire dall'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 2020 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: 63,0 \pm 8,0 mm
2. Vicino anodo: 63,0 \pm 8,0 mm
3. Lontano anodo: 66,0 \pm 6,0 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 iniziate nel gennaio 2016 e sono continuate sino a dicembre 2020. Nel 1° semestre 2020 non è stato possibile effettuare i campionamenti nel mese di gennaio a causa delle condizioni meteo-marine avverse e nei mesi di marzo e aprile a causa del lockdown nazionale dovuto all'emergenza epidemiologica del virus COVID-19. Il semestre è stato comunque recuperato nel 2021 e i risultati prodotti in un report *ad hoc*.

Le indagini 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.

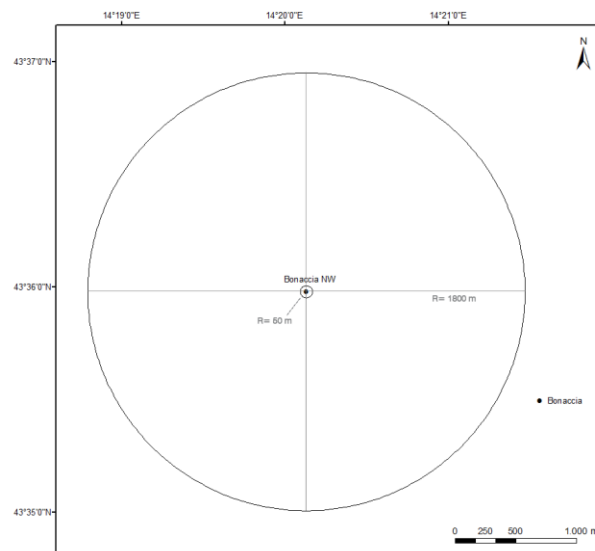


Fig. 2.6 - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica mediante campionamenti di pesca.

2.1.7.2 Investigazioni acustiche

Nel 1° semestre 2020 non è stato possibile effettuare questa tipologia di indagine per problemi tecnici e per il sopraggiungere dell'emergenza COVID-19 e sono state pertanto ripetute nel 2021. Nel 2° semestre 2020, come di consueto, 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 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.

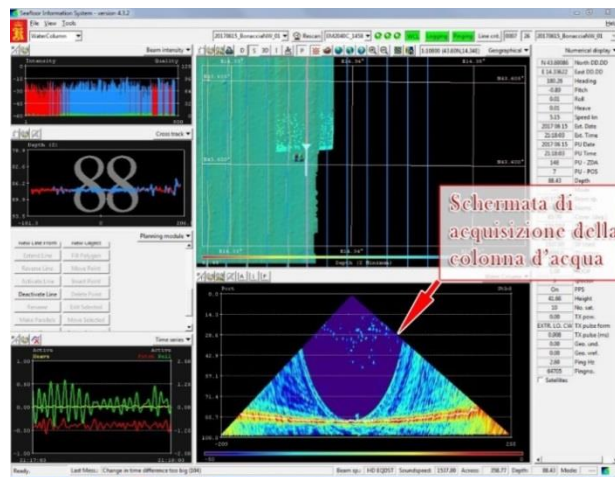


Fig. 2.7 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM2040CD. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua.

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.

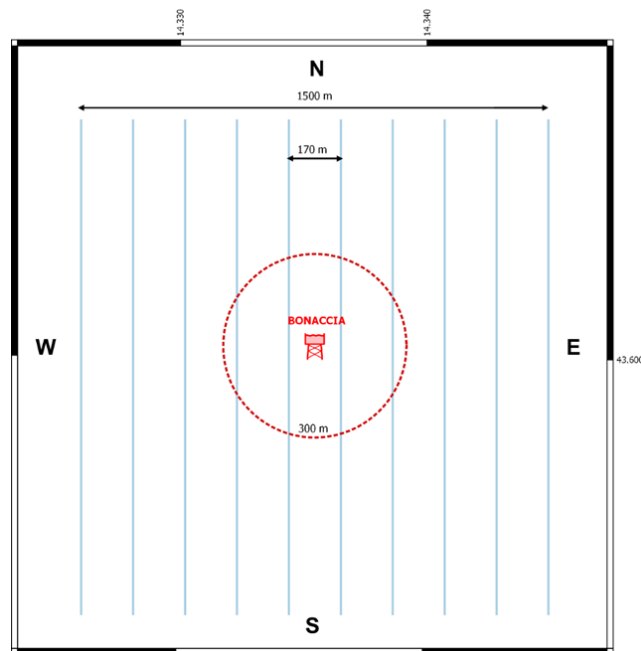


Fig. 2.8 - Schema di campionamento adottato durante i survey effettuati con MBES. Al centro il simbolo della piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

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 km^2 avente al centro il punto Bonaccia NW. All'interno di tale area sono stati tracciati dei transetti distanti circa 500 m l'uno dall'altro e percorsi a una velocità media di 5 nodi (fig. 2.9).

Durante il survey due operatori osservavano simultaneamente l'eventuale presenza di cetacei registrandola sul quaderno di campo annotando l'ora, il numero degli esemplari, la

loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie. Tali survey sono stati condotti sia nel corso delle campagne di campionamento della colonna d'acqua, dei sedimenti e delle comunità bentonica e ittica, sia durante apposite crociere per un totale di 3 avvistamenti/mese.

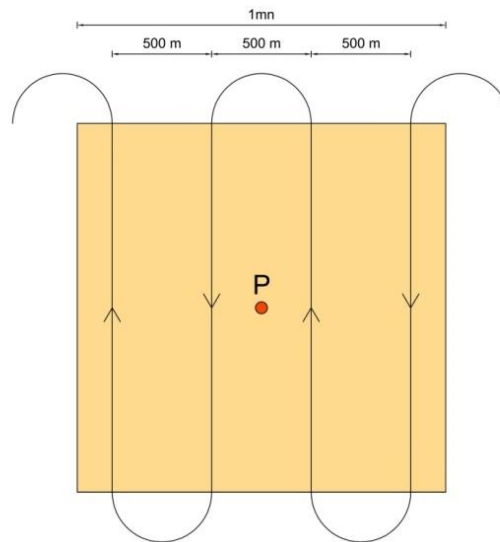


Fig. 2.9 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei nell'area interessata dalla presenza della piattaforma Bonaccia NW. P = piattaforma.

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.

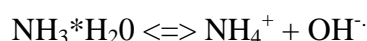
Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale $0,7\ \mu m$), precombusti a $450^\circ C$ per 4 h, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a $-20^\circ C$ 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 μ M). I dati sono stati acquisiti e archiviati tramite PC interfacciato allo strumento mediante software HP ChemStations. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 μ l e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 ml/min con un gradiente binario lineare fra il solvente A (metanolo:ammonio acetato 0,5 N, 70:30 v:v) e il solvente B (metanolo puro), avente il seguente programma (minuti, %A, %B): 0, 75,25 - 1, 50,50 - 15, 0, 100 - 18,5, 0, 100 - 19, 75, 25. L'identificazione dei pigmenti è stata effettuata per confronto con standard esterni (DHI Laboratories) settando la lunghezza d'onda per la lettura a 440 nm.

I valori di clorofilla sono stati utilizzati per calibrare i dati del turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

TSM (solidi sospesi totali) - I campioni d'acqua per la determinazione dei solidi sospesi totali sono stati filtrati a bordo sotto leggera depressione su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F ($\varnothing = 47$ 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 combusti 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).

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

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

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 rivelatore FID (Flame Ionization Detector).

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

Analisi frazione estraibile: utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0,9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di n-esano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rivelatore a fiamma (FID).

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

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

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

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

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

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0.9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (in toluene) per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rivelatore 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).

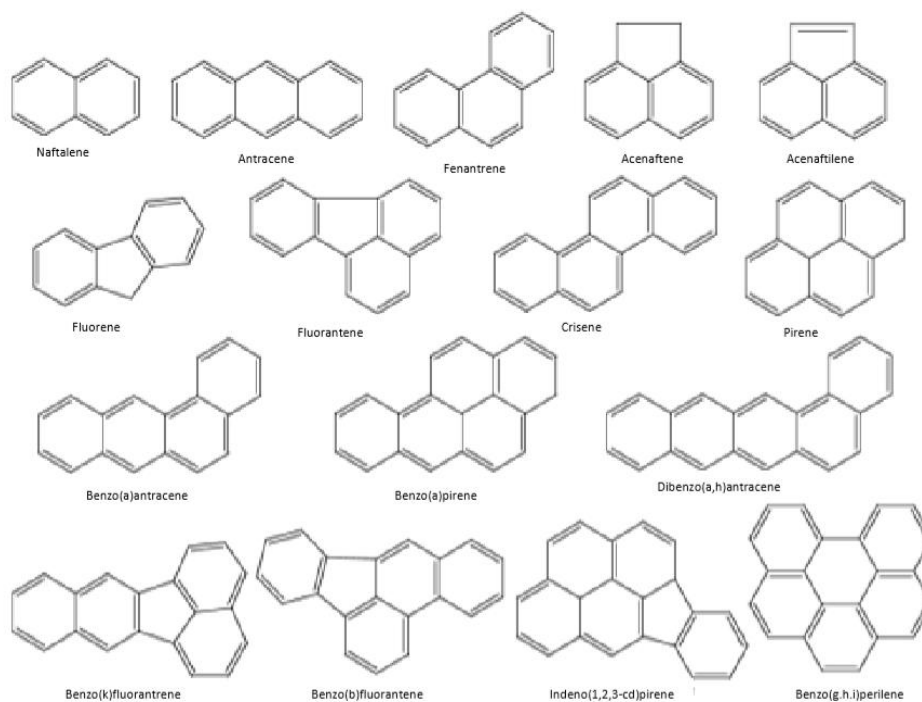


Fig. 2.10 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

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 2020, brevemente commentati con quelli del 1° semestre e con quelli relativi al 2019 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, 2021b, 2021c.

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**, **nichel**, **rame**, **silicio**, **ferro**, **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. L'analisi per la determinazione dell'**indio** è stata effettuata tecnica ICP-MS previa mineralizzazione acida impiegando un sistema "Digiprep" specifico per l'introduzione di campioni nell'ICP MS. Sono stati

utilizzati circa 0,5 g di sostanza secca, mineralizzati con 10 ml di Acido Nitrico e portati a un volume finale di 50 ml utilizzando acqua Millipore.

L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando i materiali standard di riferimento (LGC 6137 o MESS-3).

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

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

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

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 HNO₃ 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 HNO₃ 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.

TOC - Il Total Organic Carbon è stato determinato seguendo il Metodo VII.3 - *Determinazione del carbonio organico* (metodo walkley-black, DM 13/09/1999 - Ministro per le Politiche Agricole). Il carbonio organico è stato ossidato ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico. La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione è stata interrotta per aggiunta di opportuna quantità di H₂O e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito è stata determinata per titolazione con una soluzione di ferro (II) solfato eptaidrato. Il punto finale della titolazione è stato accertato con l'aggiunta di un opportuno indicatore di ossidoriduzione.

2.2.3. 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. E' stata adottata la scala di tossicità (Tab. 2-VI) indicata nel Manuale ICRAM-APAT (2007).

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

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

2.2.3.3 *Corophium orientale*

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

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

Procedimento del saggio - Circa 200 cc di sedimento da testare sono stati introdotti in un barattolo di vetro da 1 l 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 (96hLC_{50}) 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 $\mu\text{g/l}$). La percentuale di larve normalmente sviluppate nel controllo con la sola acqua di diluizione deve inoltre essere superiore al 70%.

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio di embriotossicità possono essere espressi sia in termini di percentuale di successo del test normalizzata (S%) rispetto alla risposta del controllo (acqua marina artificiale), sia in termini di EC_{50} , qualora la distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC_{50} 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	$S > 50$
$50 < S \leq TL$	Bassa		
$1 \leq TU < 2$	Media	Semiscala delle T.U.	$S \leq 50$
$2 \leq TU < 4$	Alta		
$TU \geq 4$	Molto alta		

Dove: $S = [(Sopravvissuti campione) / (Sopravvissuti controllo)] \cdot 100$;
 $TL = \text{Toxicity limit} = \text{Controllo} \cdot 90\% \text{ del controllo}$

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 $36\pm 2\text{‰}$, ovvero a un livello corrispondente alla salinità richiesta nel test.

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti $\sim 300 \text{ cm}^3$ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata ($36\pm 2\text{‰}$). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e areati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH_4^+ e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di $16\pm 2^\circ\text{C}$, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

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

Elaborazioni dei dati - Per valutare l'eventuale bioaccumulo nei tessuti degli organismi è

stata adottata la seguente formula:

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

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;
- Glutathione transferasi;
- Stabilità lisosomiale;
- Attività mitocondriale;
- Metallotioneine;
- Immunolocalizzazione di IPA.

Estrusione cellulare - 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), addizionando 500 µl di estratto cellulare a 500 µl di fissativo e lasciando incubare in ghiaccio per 20’.

Il preparato è stato centrifugato a 500 g per 5’. Il surnatante è stato eliminato e il pellet risospeso in 500 µl di soluzione metanolo: acido acetico (3:1). I preparati sono stati spottati

su vetrino in volume di 20 μ l 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' H_2O_2 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 μ l di surnatante ottenuto è stato prelevato e aggiunto a 200 μ l di soluzione 0,5M di H_2O_2 e 750 μ l di tampone fosfato.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati espressi come nmoli di H_2O_2 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 ditiorettiolo (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 pre-polilisinato. 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 metallotioneine. In seguito ad alcune procedure di purificazione e separazione il DTNB (acido 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoic) è stato aggiunto ai campioni a temperatura ambiente. L'assorbanza è stata misurata a 412 nm.

Elaborazioni dei dati - La concentrazione di MTLP è stata calcolata usando glutatione ridotto, (Sigma) come standard di riferimento come descritto da Viarengo *et al.* (1997). I livelli di metallotioneine sono espressi in nmol Mda g⁻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'angolatura 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, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco).

MOE – E' stata seguita la procedura riportata nei Rapporti ISTISAN 96/34. Il contenuto lipidico è stato determinato per via gravimetrica. Un campione di mitili rappresentativo per proveniente da ciascun sito di prelievo è stato 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 ottenimento di due distinte frazioni; la prima frazione definita *frazione volatile* (a) la seconda definita *frazione estraibile* (b)

(a) *Analisi frazione volatile*: il metodo è applicabile a una vasta gamma di composti organici che hanno una volatilità sufficientemente elevata da essere efficacemente rimossi dal campione, mediante la procedura di equilibrio in spazio di testa. La cromatografia permette di separare gli idrocarburi volatili in base al numero di carboni. La determinazione avviene tramite un 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 triturrata, anidrificata e trasferita nel ditale apposito. Il ditale è stato posto nel supporto apposito cui sono stati aggiunti 60 ml di n-esano e 60 ml di acetone. Il sistema di estrazione utilizzato è un sistema Automated Soxhlet Extraction (All. A5-I).

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

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

I composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (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 rivelatore a fiamma (FID).

L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-alcani (dal 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 inviate su un rivelatore (fotomoltiplicatore o a stato solido) che produce un segnale elettrico di intensità proporzionale all'intensità delle righe di emissione. Le intensità di emissione vengono rilevate, simultaneamente o in sequenza, e la concentrazione di analita presente nel campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

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

2.2.5.2 Biomarker

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

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±1°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 LT₅₀ e LT₉₀. Sono stati considerati morti gli individui con le valve aperte che non rispondevano ad

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 µm di ghiandola digestiva (All. A5-VII), fissate in Baker's Ca-formolo (10 mL di Formaldeide al 40%; 1 g di CaCl₂, 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 µm² 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 H_2O_2 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 $\times\text{g}$ per 20' (All. A5-XI). La reazione di coniugazione è stata condotta a 45°C per 40' in una miscela 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-RTM, 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 SULLE COMUNITÀ BENTONICHE

Durante le analisi di laboratorio le sei repliche prelevate in ciascuna stazione sono state trattate separatamente. Il sorting è stato compiuto con l'ausilio di uno stereomicroscopio e di un microscopio ottico (All. A3-III e A3-IV) e l'identificazione degli organismi è stata effettuata al più basso livello sistematico possibile. Gli individui appartenenti allo stesso gruppo sono stati contati e pesati (All. A3-V). Per ogni stazione sono stati quindi calcolati i seguenti indici medi utilizzando i dati relativi alle 6 repliche:

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 raccolti nell'intero periodo di osservazione è stata effettuata un'analisi statistica multivariata utilizzando il pacchetto software PRIMER previa trasformazione dei dati in $\sqrt{2}$ (Clarke e Warwick, 2001).

In questa ultima fase di valutazione è stata effettuata un'ulteriore analisi (SIMPER analysis) per avere un quadro ancora più completo in termini di somiglianze tra i popolamenti presenti alle diverse distanze dalla piattaforma (ricavando pertanto informazioni relativamente al raggio di influenza della struttura sul popolamento bentonico). La medesima analisi è stata applicata anche ai dati di pre-survey relativi all'area in cui sarebbe stata installata la piattaforma (siti BO; 0 m), alle stazioni a 60 m dal punto di installazione (siti A3, B3, A6, B6) e ai controlli (siti K1, K2, K3 e K4) per verificare se le eventuali dissomiglianze/somiglianze osservate dopo 5 anni dall'entrata in produzione di Bonaccia NW fossero già presenti prima della sua messa in opera.

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.

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:

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	$-0,501 \geq W \geq -1,000$

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

I gruppi ecologici nei quali vengono raggruppate le specie (il cui elenco disponibile nel software AMBI 6.0 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* ed *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 l'*uncalibrated volume backscatter strength* (S_{vu}) compreso tra $-35 +64$ dB re $1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$, intervallo scelto a seguito di un controllo di qualità del dato effettuato al fine di isolare il rumore. Va precisato che, nonostante i valori di S_{vu} non possano essere considerati esatti a priori (data la non calibrazione dello strumento), lo strumento può comunque calcolare in maniera attendibile le metriche dei banchi stessi (lunghezza, altezza, superficie e volume), mentre non è funzionale al calcolo dei parametri più strettamente dipendenti dalle variabili acustiche registrate (ad esempio, la quantità di biomassa). Questa procedura, oltre a fornire l'immagine tridimensionale del *target* permette di estrarne le caratteristiche metriche e acustiche che, quando possibile, sono state usate per confrontare la distribuzione dei due macrogruppi individuabili in base alla distanza dalla piattaforma (il primo comprendente i banchi rilevati entro 300 m dalla struttura e il secondo quelli individuati nelle zone periferiche). Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche estratte per ogni *target* tridimensionale (Tab. 2-XV).

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 2020. I precedenti sono disponibili in Fabi *et al.*, 2016c, 2017b, 2018, 2019a e 2019b e in Spagnolo *et al.*, 2020b, e 2021b.

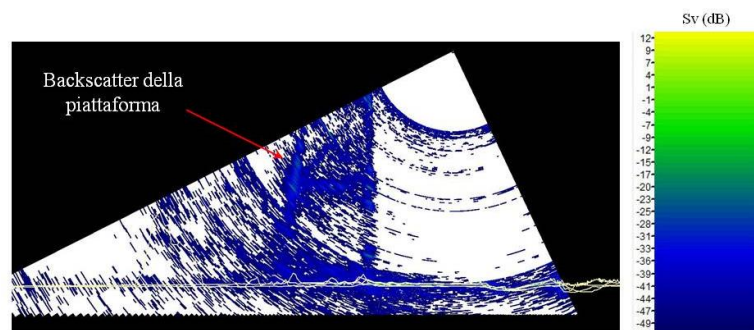


Fig. 2.11 - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma Bonaccia NW. Il forte *backscatter* dovuto alla presenza della struttura e lo *scattering* omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma e/o tra i pali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

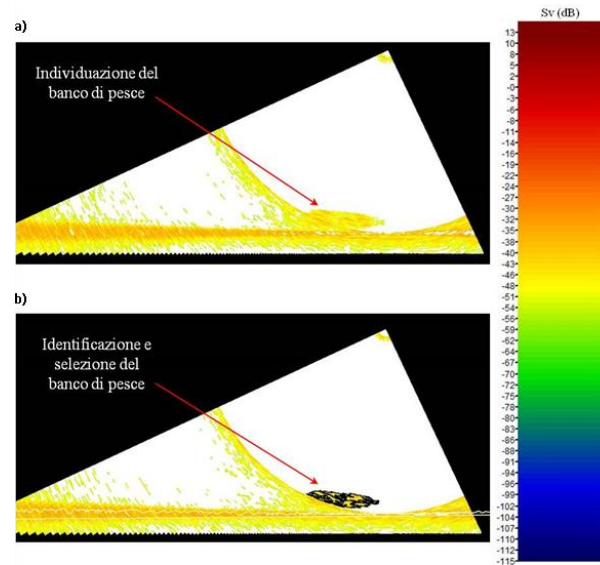


Fig. 2.12 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echoview. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del *target* tramite la procedura *Target detection*. La scala a colori sulla destra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

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

Caratteristica metrica	Unità	Descrizione
Superficie	m 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.

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.

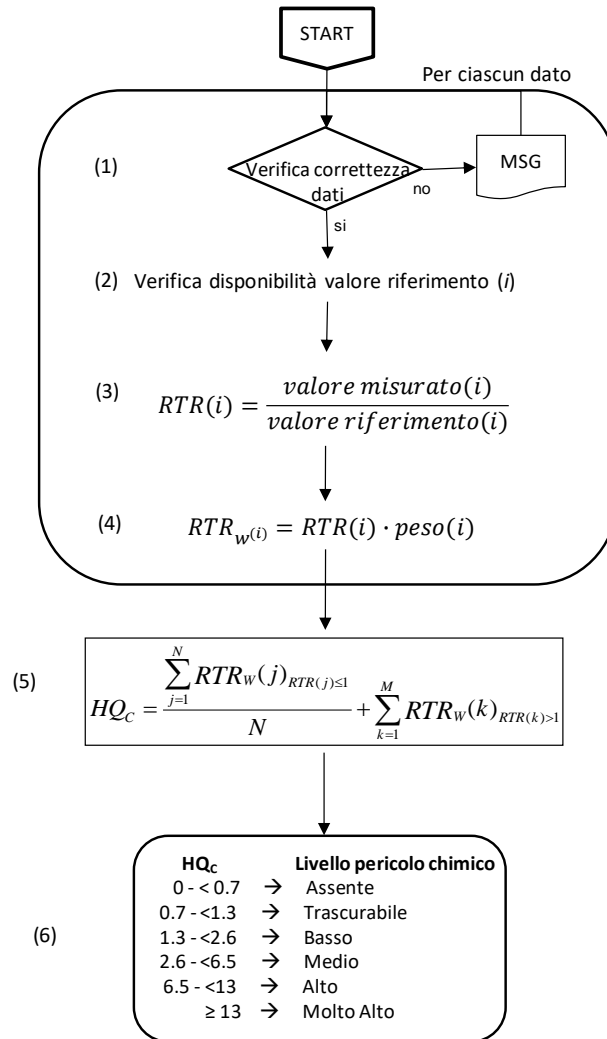


Fig. 2.13 - Procedura per l'elaborazione dei dati di caratterizzazione chimica dei sedimenti (LOE 1).

L'indice chimico HQ_C è assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore (Tab. 2-XVI). 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-XVI – Livelli di pericolo chimico e relativi indici chimici (HQ_c).

Assente	HQ _c < 0,7
Trascurabile	0,7 ≥ HQ _c < 1,3
Basso	1,3 ≥ HQ _c < 2,6
Medio	2,6 ≥ HQ _c < 6,5
Alto	6,5 ≥ HQ _c < 13
Molto alto	HQ _c ≥ 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 (RTR_w). 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 RTR_w < 1,3 (effetto assente), facendo la media per quelli con RTR_w tra 1,3 e 2,6 (effetto basso), e sommando (Σ) tutti gli RTR_w > 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.

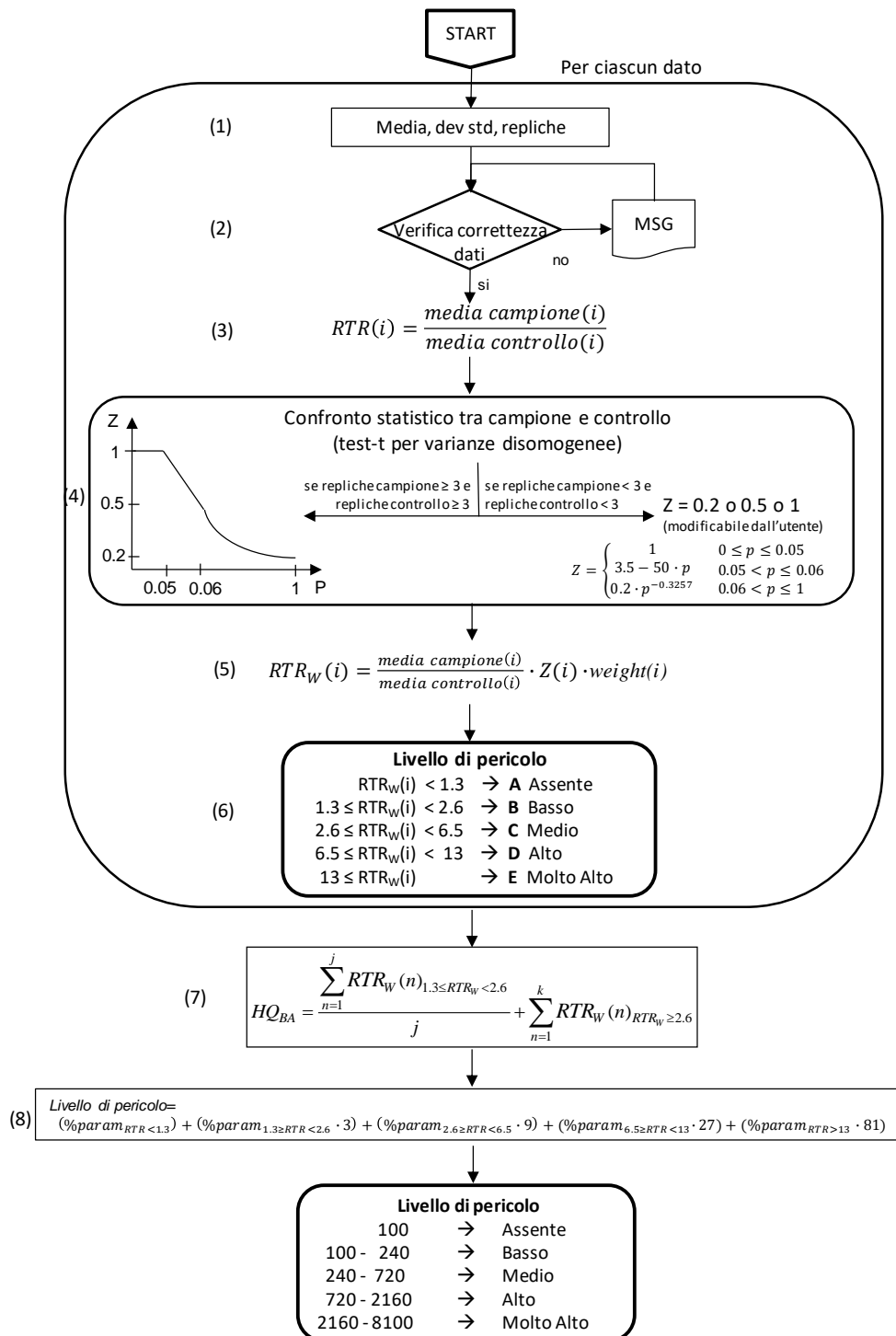


Fig. 3.14 - Procedura per l'elaborazione dei dati di bioaccumulo negli organismi (LOE 2).

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.

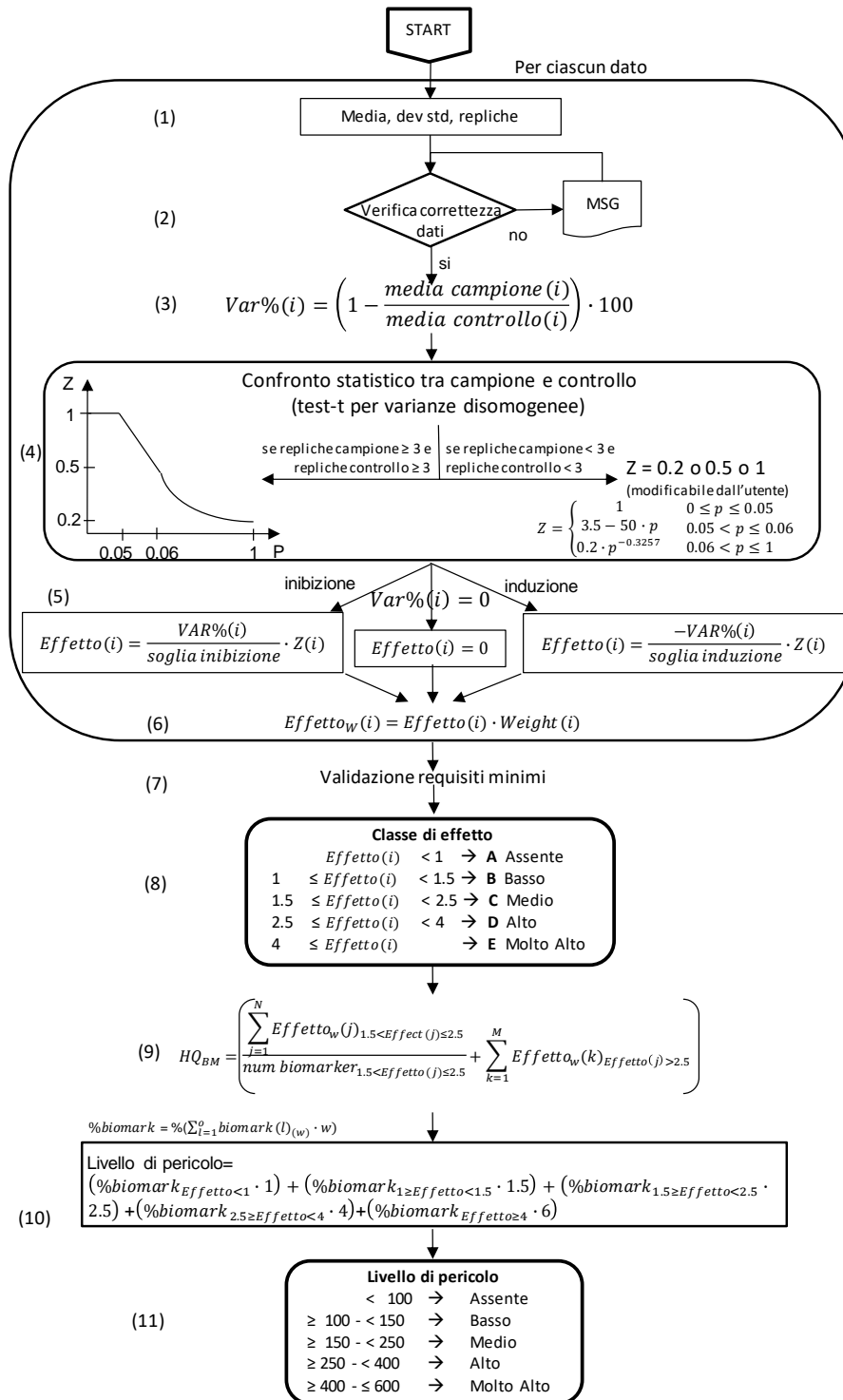


Fig. 2.15 - Procedura per l'elaborazione dei dati dei biomarker (LOE 3).

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-XVII e punto 6 del flow chart della fig. 2.16).

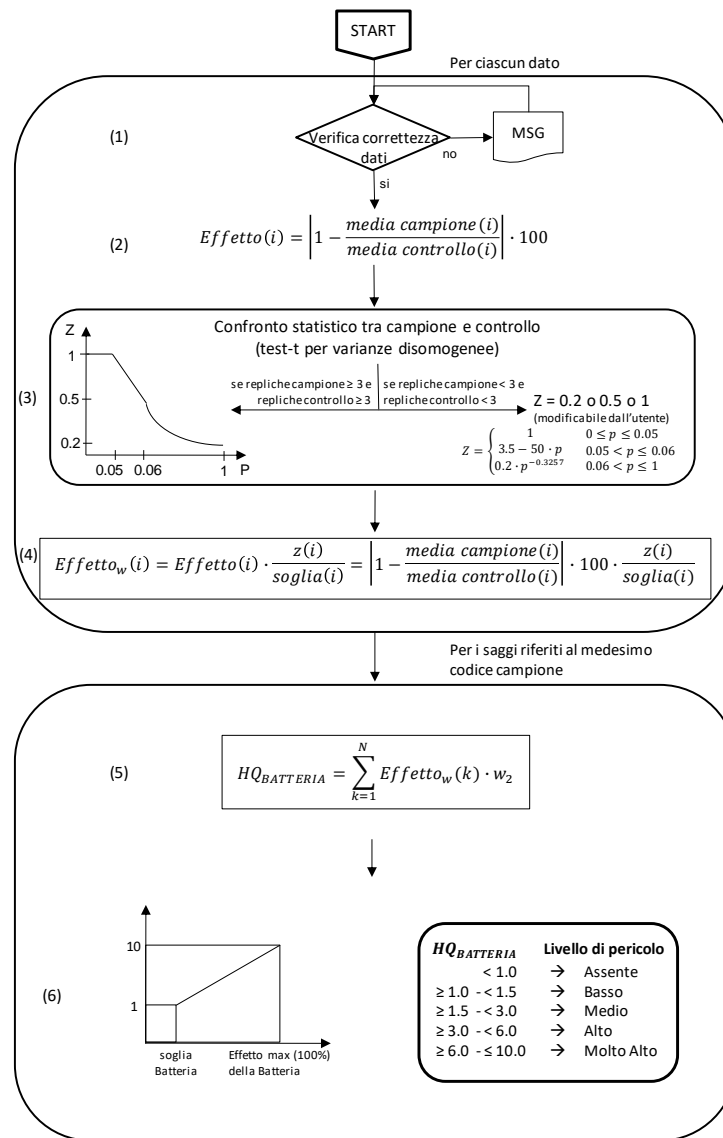


Fig. 2.16 – Procedura per l’elaborazione dei dati dei saggi ecotossicologici (LOE 4).

Tab. 2-XVII – 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	$HQ_{Batt} \geq 6$

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 (*EcoQir*; 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.

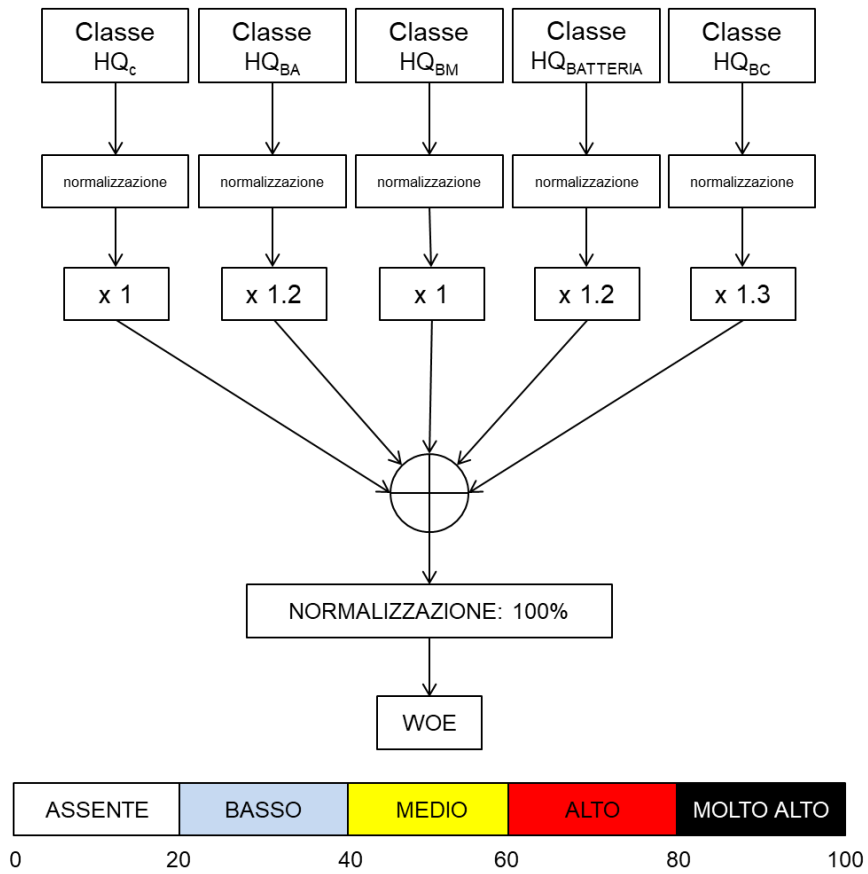


Fig. 2.17 – Procedura per l’elaborazione finale WOE dai risultati delle singole LOE.

3. RISULTATI

3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nell'agosto 2020 (fig. 3.1) la distribuzione della temperatura ha mostrato la caratteristica stratificazione verticale stagionale in tutte le stazioni di campionamento, con valori massimi in superficie (massimo 26,95°C, stazione BO5), un termocline ben sviluppato e valori gradualmente decrescenti fino al fondo, dove sono stati registrati i minimi (minimo 13,94°C, stazione BO8). Per la salinità sono stati rilevati valori minimi in superficie ovunque tranne nelle stazioni di controllo orientali (minimo 38,25 psu, stazione BO5), in rapido aumento fino ai massimi nello strato intermedio (massimo 38,96 psu, stazione BO6), e valori piuttosto elevati ed uniformi da 40 m fino al fondo (media 38,84±0,01 psu). Le mappe areali (fig. 3.2) hanno mostrato un gradiente SW-NE nella distribuzione orizzontale della temperatura in superficie ($\Delta T > 1^\circ\text{C}$) e una distribuzione alquanto uniforme al fondo (media 14,21±0,16°C). La salinità superficiale è risultata piuttosto variabile, presentando un gradiente decrescente da Est verso Ovest, e valori più elevati e pressoché omogenei al fondo (media 38,84±0,00 psu).

La torbidità (fig. 3.1) è risultata molto bassa e uniforme in tutta la colonna d'acqua ovunque fino circa 55 m di profondità (media 0,2±0,0 mg l⁻¹), con un rapido aumento fino ai valori massimi al fondo (massimo 1,3 mg l⁻¹, stazione BO4).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.1) è stato >100% ovunque fino a circa 50 m di profondità, con un picco intorno a 25 m (massimo 113,7%, stazione BO8), riducendosi progressivamente fino ai valori minimi al fondo (minimo 88,0%, stazione BO5).

Per la fluorescenza (fig. 3.3) sono stati rilevati ovunque valori molto bassi fino a circa 40 m di profondità, con un picco intorno a 60 m (massimo 0,8 µg l⁻¹, stazione BO8).

A novembre (fig. 3.4) il fenomeno stagionale del rimescolamento della colonna d'acqua è stato evidente nella distribuzione verticale di tutti i parametri misurati.

Per la temperatura è stato rilevato in tutte le stazioni uno strato omogeneo ben sviluppato fino a circa 50 m di profondità (media 18,72±0,72°C), seguito da una rapida diminuzione dei valori fino al fondo (minimo 14,68°C, stazione BO7). Anche per la salinità si è

osservato uno strato uniforme dalla superficie fino a circa 50 m (media $38,90 \pm 0,01$ psu); vi è stato poi un piccolo strato dove sono stati registrati i valori massimi (massimo 38,99 psu, stazione BO7) seguito da valori nuovamente piuttosto uniformi fino al fondo.

Anche le mappe areali (fig. 3.5) hanno mostrato una distribuzione prevalentemente omogenea di temperatura in superficie (media $18,75 \pm 0,01^\circ\text{C}$) e al fondo (media $14,73 \pm 0,02^\circ\text{C}$). Variazioni poco importanti sono state rilevate nella distribuzione, altrimenti uniforme, di salinità in superficie (media $38,90 \pm 0,00$ psu); fortemente omogenea la distribuzione al fondo (media $38,87 \pm 0,01$ psu).

La torbidità (fig. 3.4) è stata molto bassa ($<0,5$ mg l⁻¹) fino a circa 70 m in tutte le stazioni, in rapido aumento sino ai valori massimi registrati al fondo (massimo 1,3 mg l⁻¹, BO5).

Anche i profili verticali di ossigeno disciolto (fig. 3.4), ovunque $<100\%$, sono risultati omogenei in tutte le stazioni fino a circa 50 m di profondità (media $98,7 \pm 0,57\%$), in diminuzione negli strati sottostanti fino ai valori minimi al fondo (minimo 82,2, stazione BO7).

La fluorescenza (fig. 3.6) è stata molto bassa ($<0,5$ µg l⁻¹) dalla superficie al fondo in tutte le stazioni di campionamento.

A **dicembre** (fig. 3.7) la dinamica invernale ha fortemente rimescolato la colonna d'acqua e i profili verticali di tutti i parametri misurati sono risultati quasi completamente omogenei, in particolare la temperatura (media $16,20 \pm 0,13^\circ\text{C}$) e la salinità (media $38,91 \pm 0,01$ psu), con valori che si discostano dalla media solo nello strato vicino al fondo.

Le mappe areali (fig. 3.8) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione superficiale di temperatura (media $16,26 \pm 0,02^\circ\text{C}$) e salinità (media $38,91 \pm 0,00$ psu), mentre al fondo si rilevano piccole differenze tra le stazioni per entrambi i parametri (ΔT $0,5^\circ\text{C}$ e Δs $<0,1$ psu).

Anche la torbidità (fig. 3.7) è risultata omogenea con valori piuttosto bassi ovunque fino a circa 70 m (media $0,5 \pm 0,0$ mg l⁻¹) e valori in aumento al fondo (massimo 0,9 mg l⁻¹, stazione BO6).

Analogamente, l'ossigeno disciolto alla saturazione è risultato omogeneo essendo $<100\%$ in tutte le stazioni fino a circa 65 m e riducendosi verso il fondo (minimo 83,9% stazione BO7).

La fluorescenza (fig. 3.9) è stata molto bassa ($<0,3$) µg l⁻¹ dalla superficie al fondo ovunque.

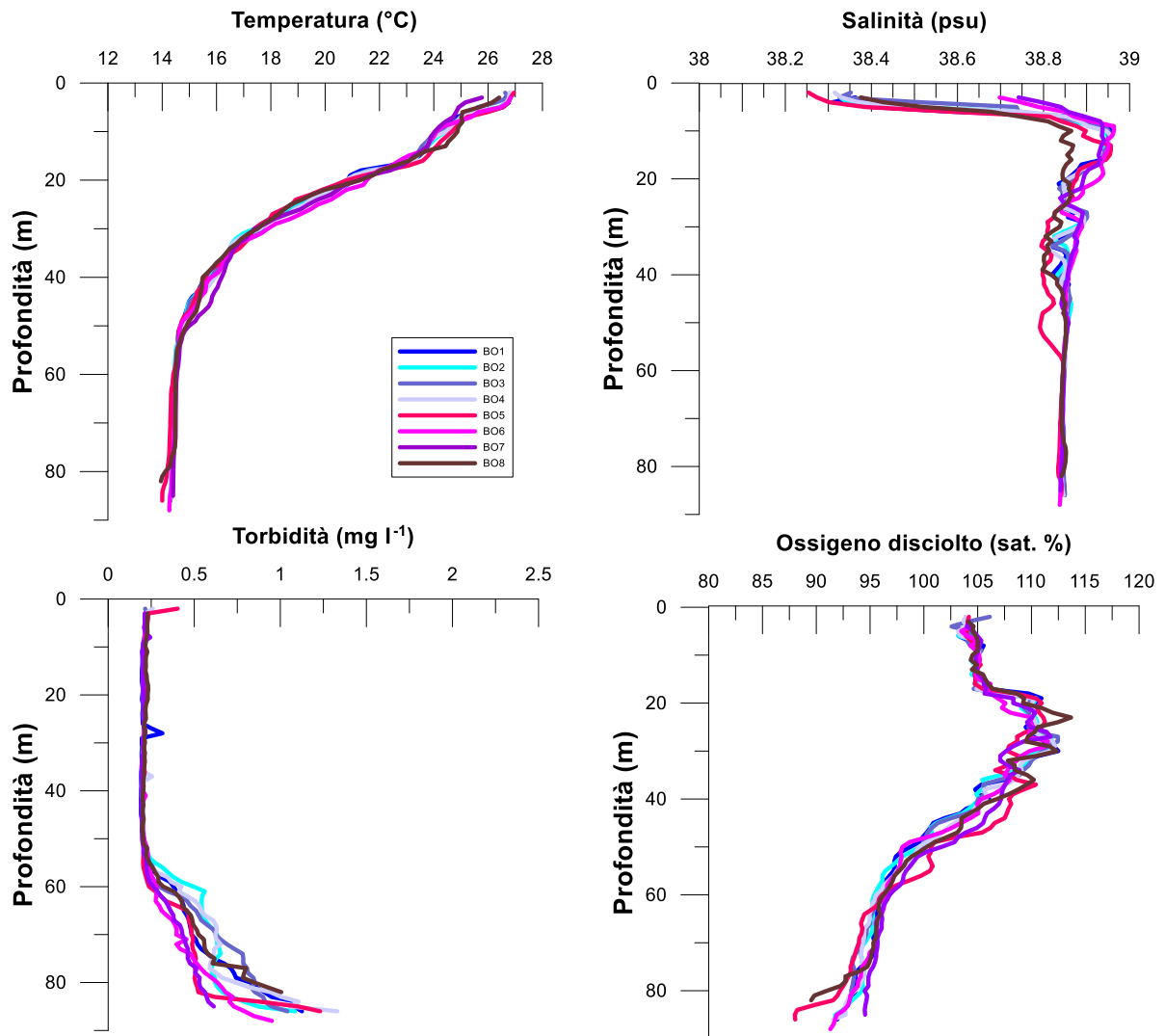


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Agosto 2020.**

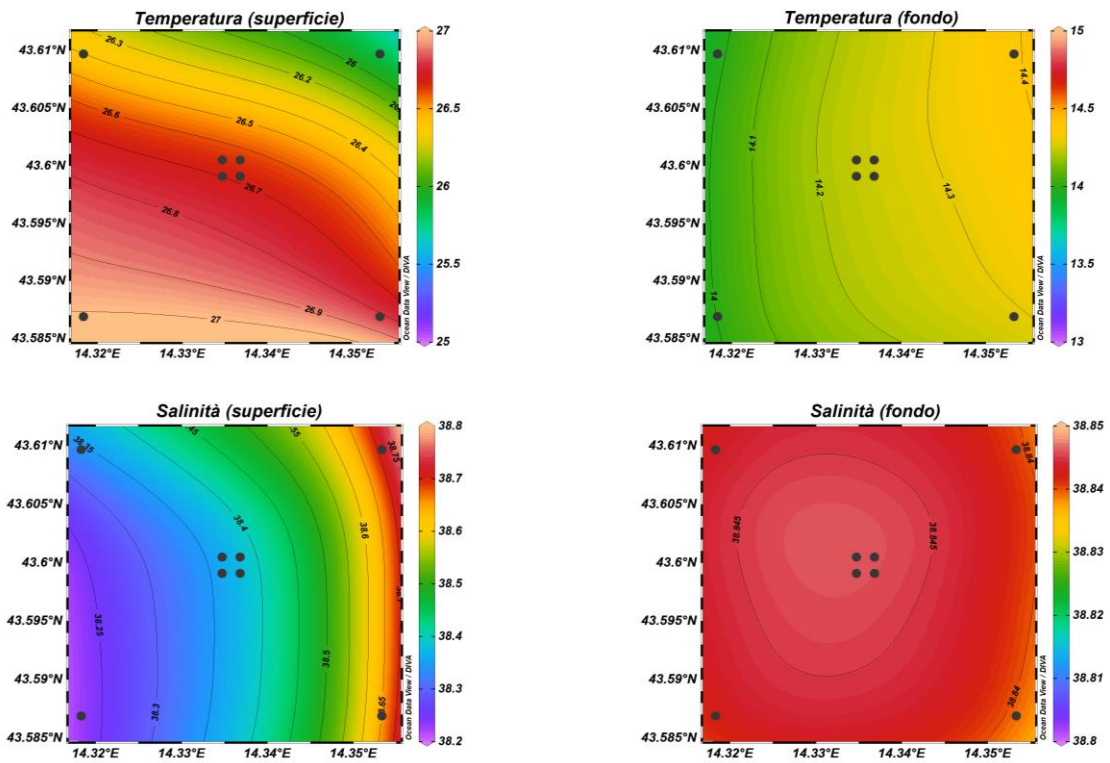


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Agosto 2020**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

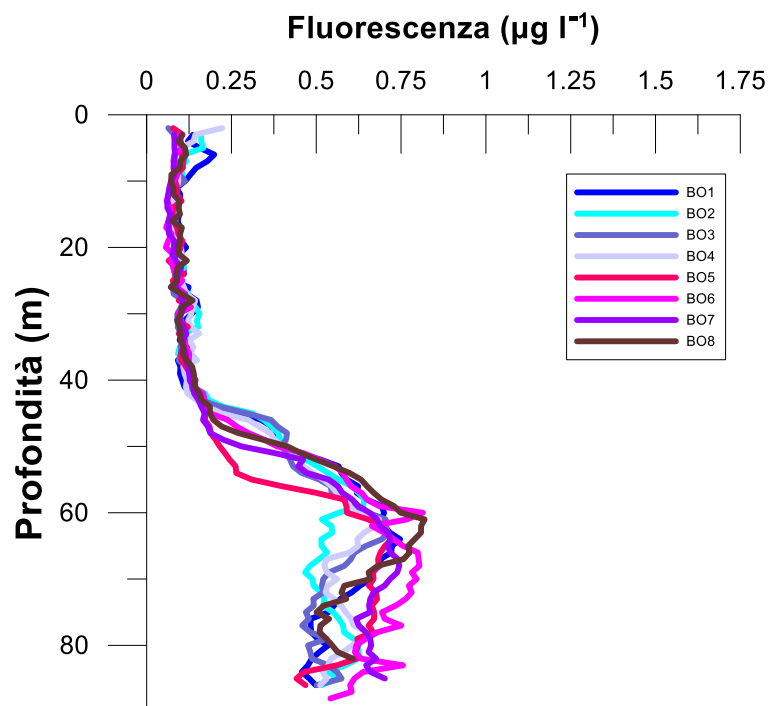


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Agosto 2020**.

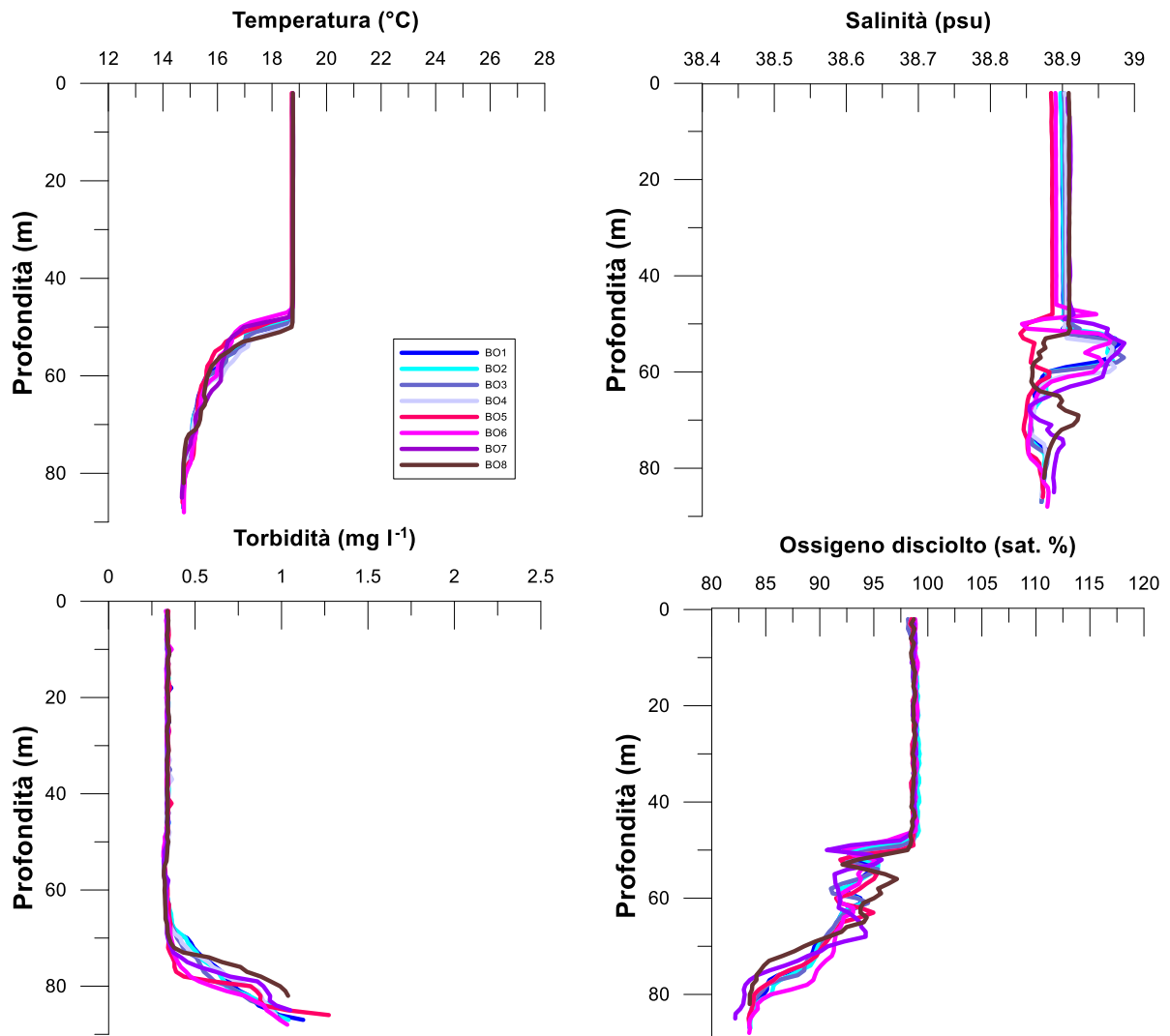


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Novembre 2020.**

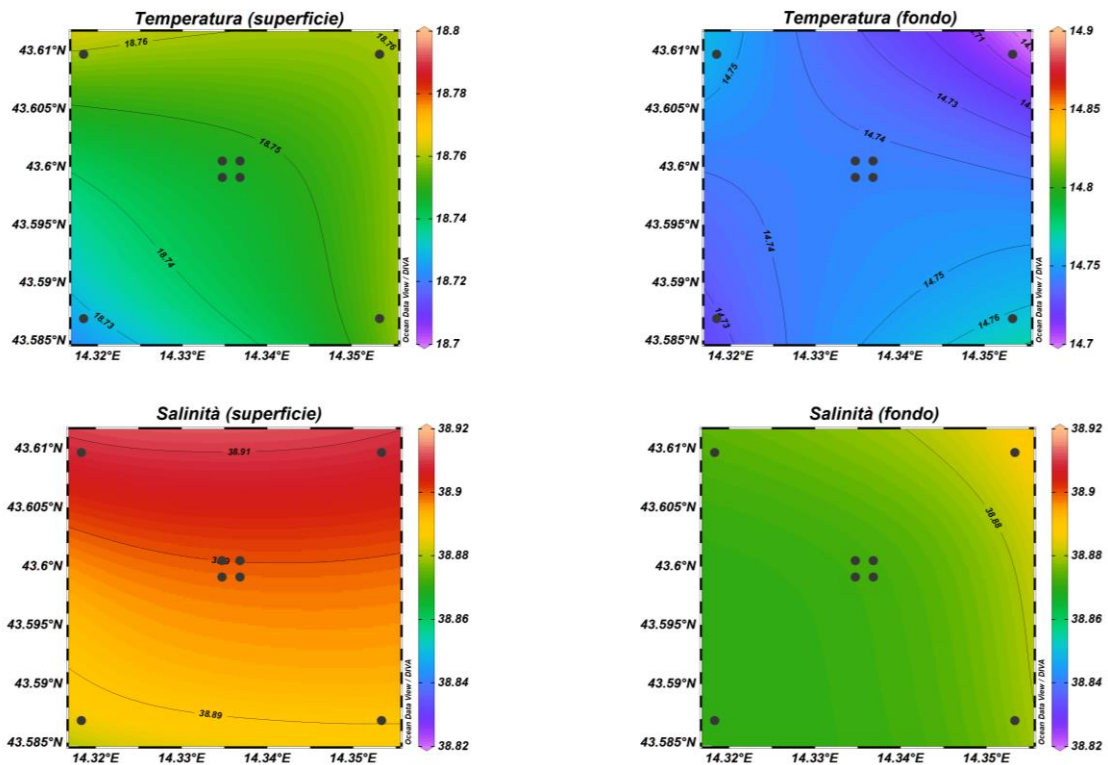


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Novembre 2020**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

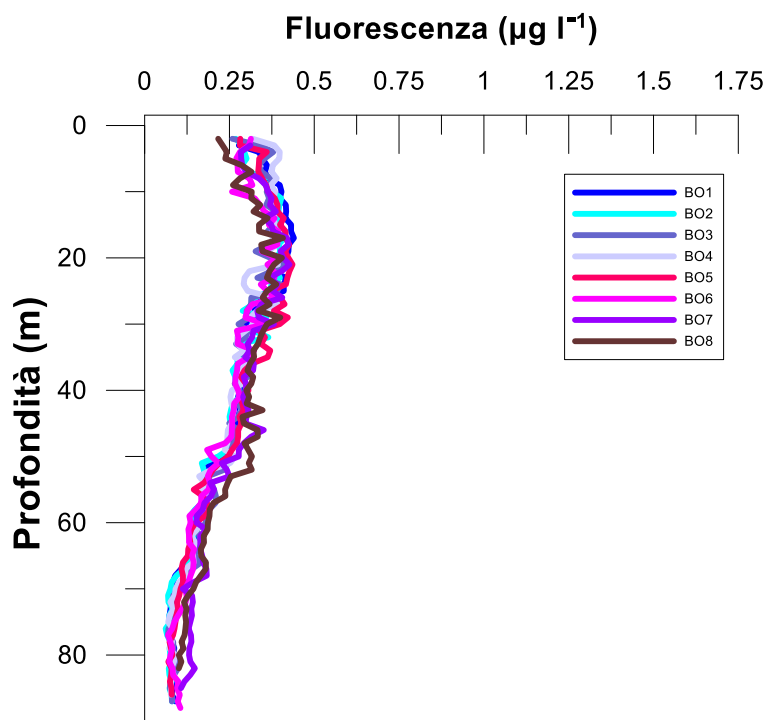


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Novembre 2020**.

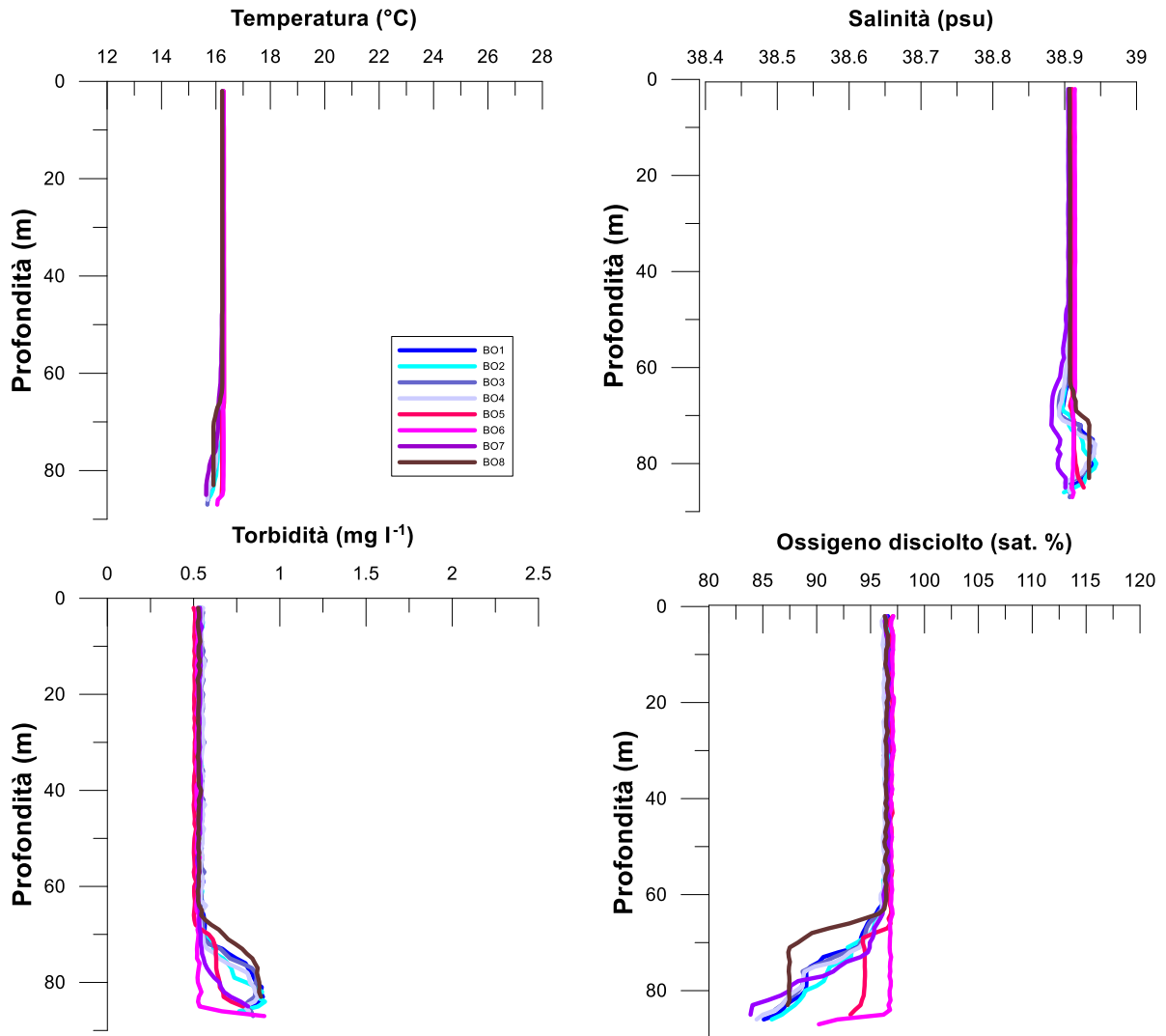


Fig. 3.7- Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l-1) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Dicembre 2020.**

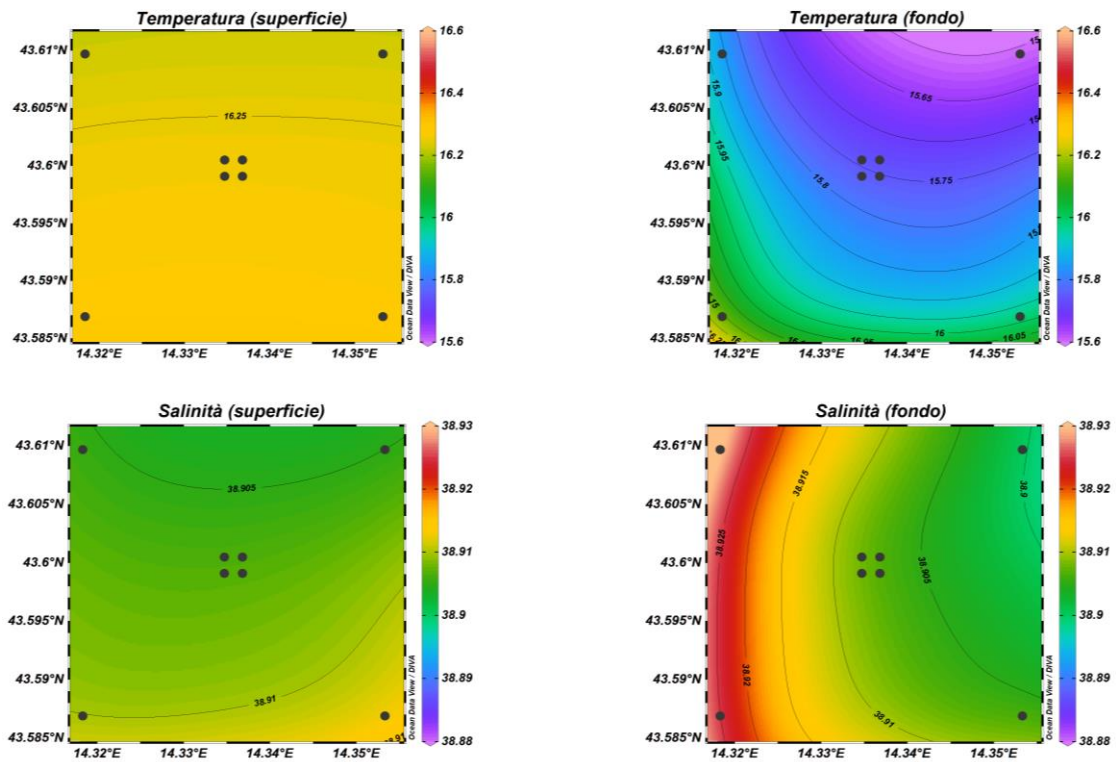


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Dicembre 2020**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

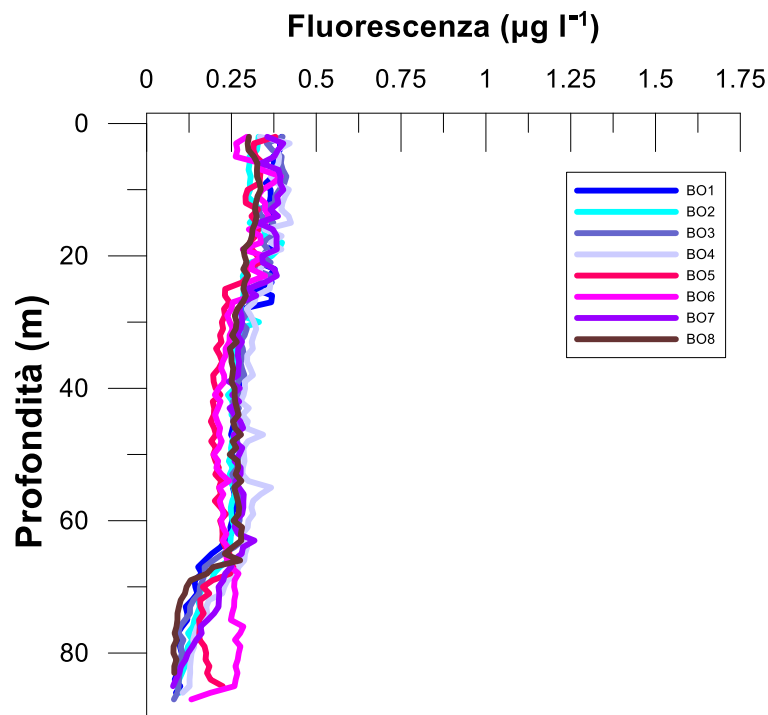


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Dicembre 2020**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nell'**agosto 2020** (figg. 3.10a, 3.10b e 3.11) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,22 \pm 0,36 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,07 \pm 0,09 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,15 \pm 0,17 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). Il massimo di NO_3 ($1,33 \mu\text{M}$) è stato osservato nella stazione BO5 al fondo, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità hanno caratterizzato i siti BO4 (superficie, 20 m e 40 m), BO7 (superficie e 20 m) e BO8 (superficie).

I NO_2 sono risultati generalmente contenuti e omogenei; le concentrazioni più elevate sono state osservate nelle acque di fondo di tutte le stazioni, con il massimo di $0,25 \mu\text{M}$ nella BO6. Valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati tra la superficie e i 20 m nelle stazioni BO2, BO3, BO4, BO5, BO7 e BO8. Il massimo contenuto di NH_4 ($0,57 \mu\text{M}$) è stato misurato a 20 m di profondità nella stazione BO3, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati rilevati a quote variabili in BO5, BO6. Per NH_4 non è stato osservato un andamento particolare.

I fosfati (PO_4) sono risultati generalmente contenuti e omogenei ($0,03 \pm 0,01 \mu\text{M}$), variando tra un minimo di $0,01 \mu\text{M}$ misurato a 20 m nella stazione BO6 e un massimo di $0,07 \mu\text{M}$ al fondo della BO5.

La concentrazione media dei silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stata pari a $1,80 \pm 0,61 \mu\text{M}$; i valori maggiori hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni, con il massimo ($3,52 \mu\text{M}$) in BO5. Il minimo ($1,15 \mu\text{M}$) è stato osservato a 20 m di profondità nel controllo BO7.

A **novembre** (figg. 3.12a, 3.12b e 3.13) le concentrazioni medie di nitrati, nitriti e ammonio sono risultate pari rispettivamente a $0,53 \pm 0,83 \mu\text{M}$, a $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$ e a $0,04 \pm 0,04 \mu\text{M}$. In generale i NO_3 sono risultati maggiori nelle acque di fondo, dove è stata ottenuta una media di $1,95 \pm 0,13 \mu\text{M}$ con un massimo di $1,90 \mu\text{M}$ in BO7; il minimo ($0,02 \mu\text{M}$) ha invece caratterizzato la quota superficiale della stazione BO5.

Per NO_2 e NH_4 non è stato osservato alcun andamento particolare. I valori di NO_2 sono risultati generalmente contenuti e omogenei, variando tra $0,02 \mu\text{M}$ (BO1, BO2, BO3, BO4, BO7 e BO8, superficie e 40 m) e $0,07 \mu\text{M}$ (BO6, superficie).

La concentrazione massima di NH_4 ($0,16 \mu\text{M}$) è stata misurata in superficie nella stazione BO3, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati riscontrati in tutte le stazioni a quote variabili tra i 20 m e il fondo.

Le concentrazioni di PO_4 sono risultate generalmente contenute e omogenee ($0,02 \pm 0,02$

μM), e sono variate tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, tra i 40 m di profondità e la superficie in tutte le stazioni, e un massimo di $0,06 \mu\text{M}$ misurato al fondo dei siti BO2, BO3, BO5, BO6 e BO7.

Anche a novembre i $\text{Si}(\text{OH})_4$ (media complessiva di $2,03 \pm 1,59 \mu\text{M}$) sono risultati più concentrati in prossimità del fondo dove la media è stata pari a $4,74 \pm 0,08 \mu\text{M}$ e dove, in corrispondenza di BO5, è stato registrato il massimo ($4,85 \mu\text{M}$); il minimo ($1,03 \mu\text{M}$) ha invece caratterizzato la quota superficiale di BO1.

A **dicembre** (figg. 3.13a, 3.13b e 3.15) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,59 \pm 0,59 \mu\text{M}$ per NO_3 , $0,16 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per NO_2 , e a $0,04 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per NH_4 . I NO_3 sono ancora una volta risultati più abbondanti al fondo ($1,50 \pm 0,55 \mu\text{M}$) dove, presso BO3 e BO7, è stato raggiunto il massimo ($1,90 \mu\text{M}$). Il valore minimo ($0,22 \mu\text{M}$) è stato rilevato in superficie nella stazione BO6.

Per i NO_2 non è stato osservato un andamento particolare; le concentrazioni massima ($0,21 \mu\text{M}$) e minima ($0,09 \mu\text{M}$) sono state registrate rispettivamente in BO4 in superficie e al fondo della stazione BO3, dove è stato misurato il maggior contenuto di NH_4 ($0,13 \mu\text{M}$); valori di NH_4 inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato i campioni prelevati a quote variabili dei siti BO1, BO2, BO5 e BO6.

Anche per i PO_4 non è stato osservato alcun andamento particolare; la concentrazione media è risultata pari a $0,06 \pm 0,05 \mu\text{M}$, con il massimo ($0,24 \mu\text{M}$) al fondo della stazione BO1 e valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale a 20 m di profondità nelle stazioni BO7 e BO8.

Infine, la concentrazione media di $\text{Si}(\text{OH})_4$ è stata di $1,90 \pm 0,87 \mu\text{M}$. Anche a dicembre questi nutrienti sono stati più abbondanti in prossimità del fondo dove la media è stata pari a $3,22 \pm 0,84 \mu\text{M}$ e dove è stato registrato un massimo di $3,96 \mu\text{M}$ nella stazione BO7; la concentrazione minima ($1,35 \mu\text{M}$) è stata osservata nella BO5 a 40 m.

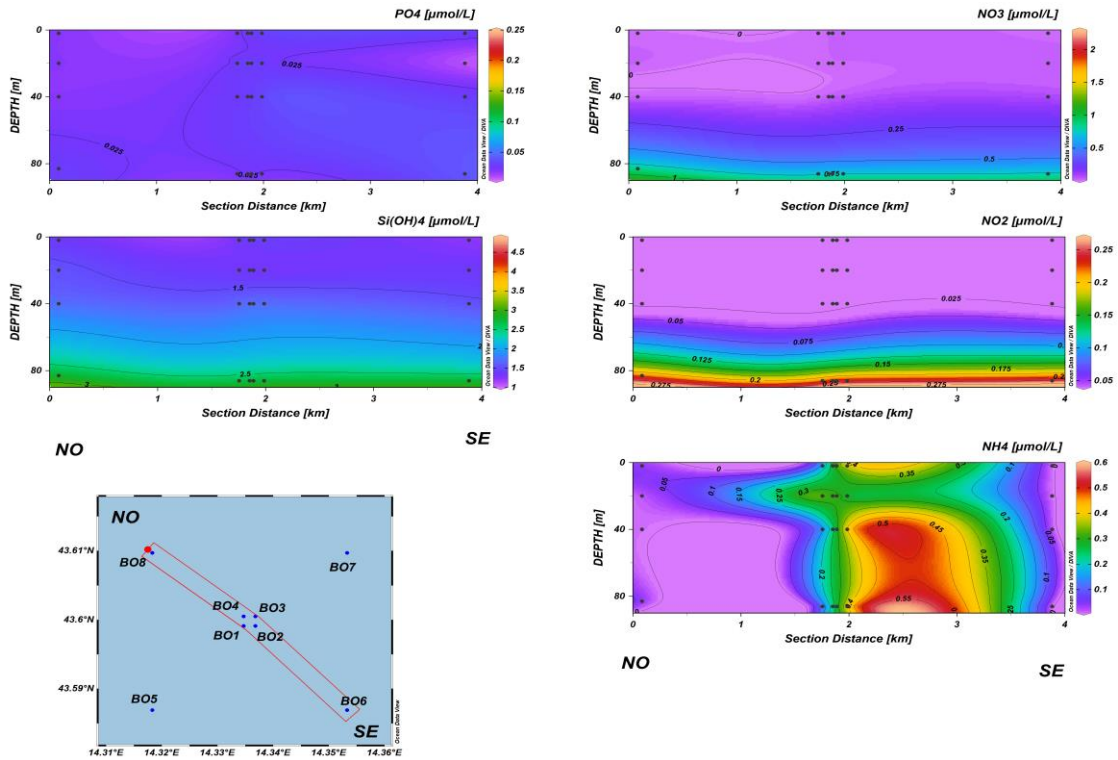


Fig. 3.10a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Agosto 2020.

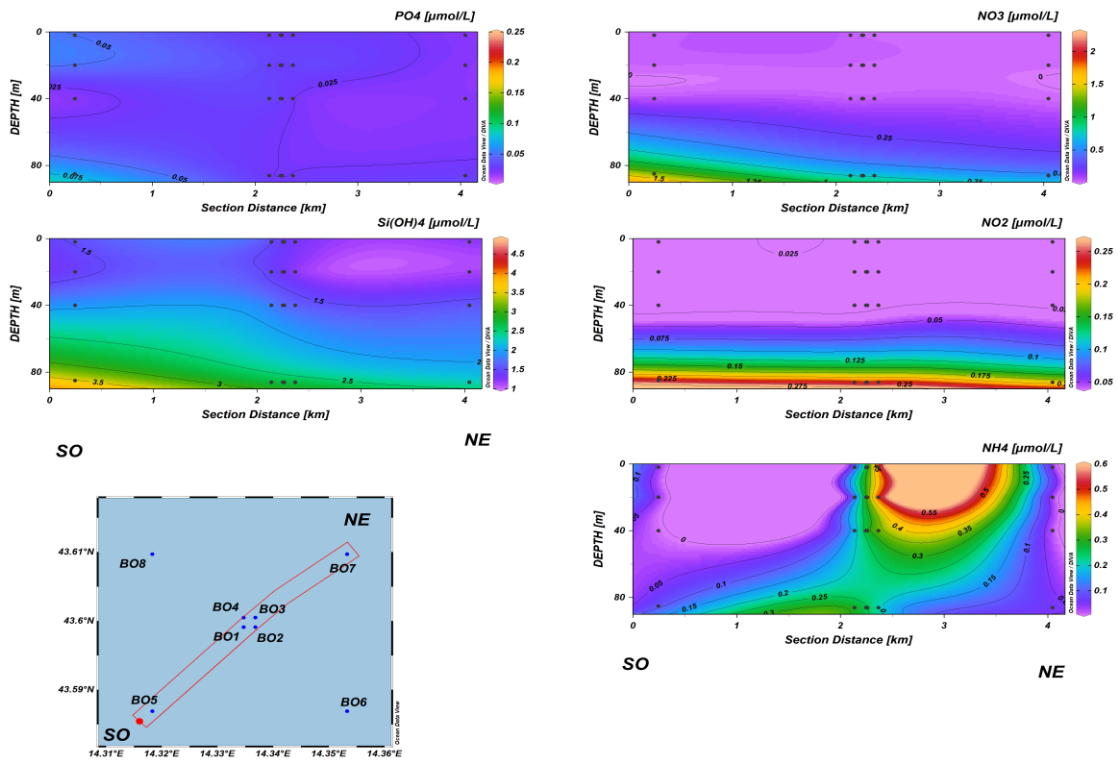


Fig. 3.10b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Agosto 2020.

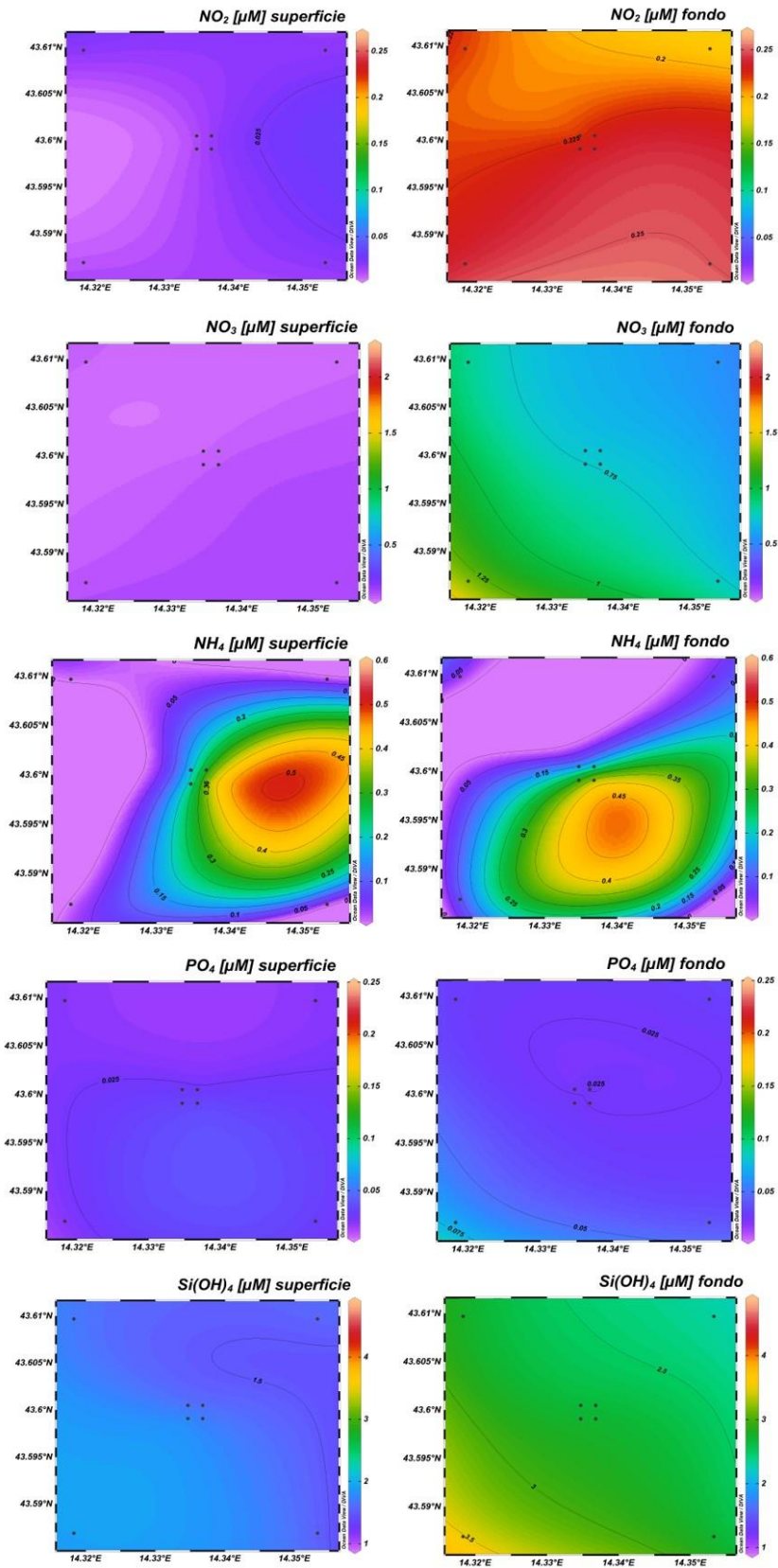


Fig. 3.11 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Agosto 2020.

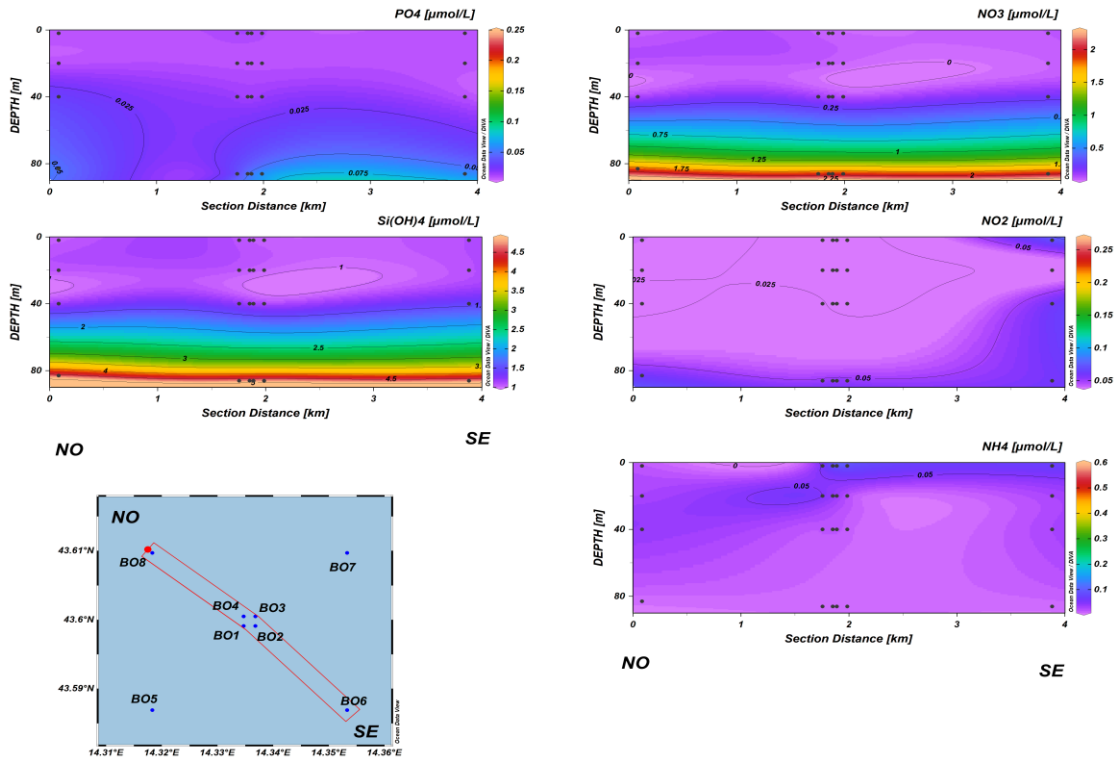


Fig. 3.12a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in µM. **Novembre 2020.**

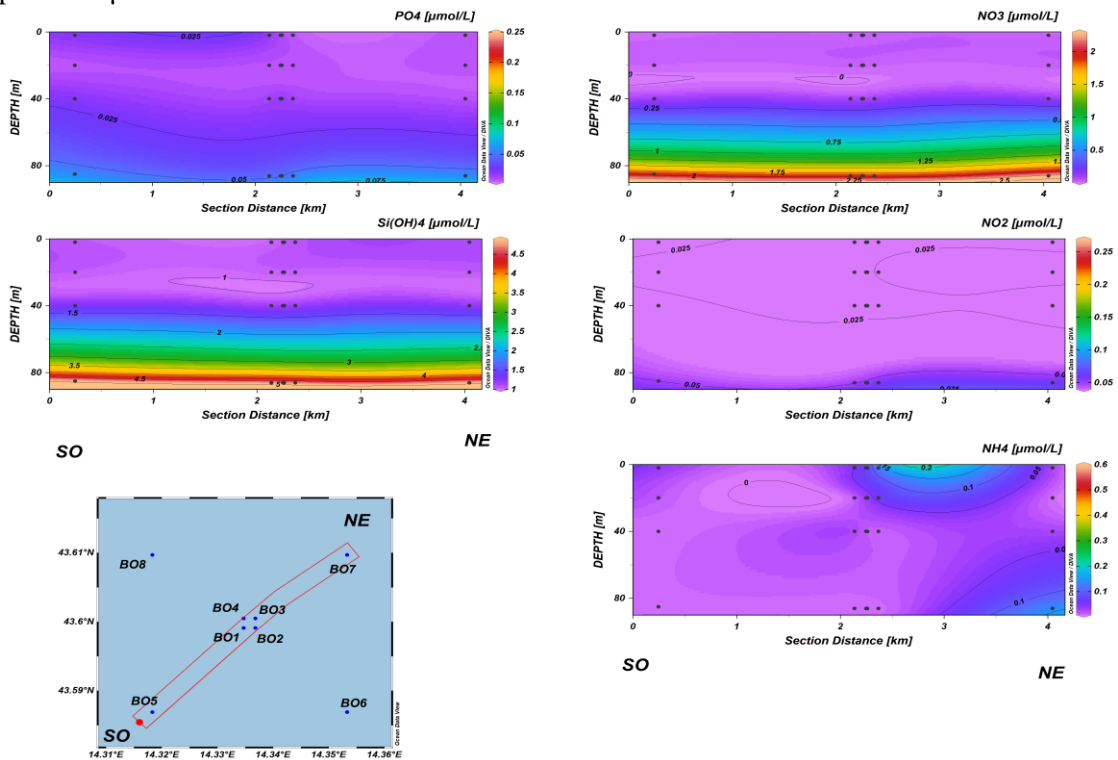


Fig. 3.12b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in µM. **Novembre 2020.**

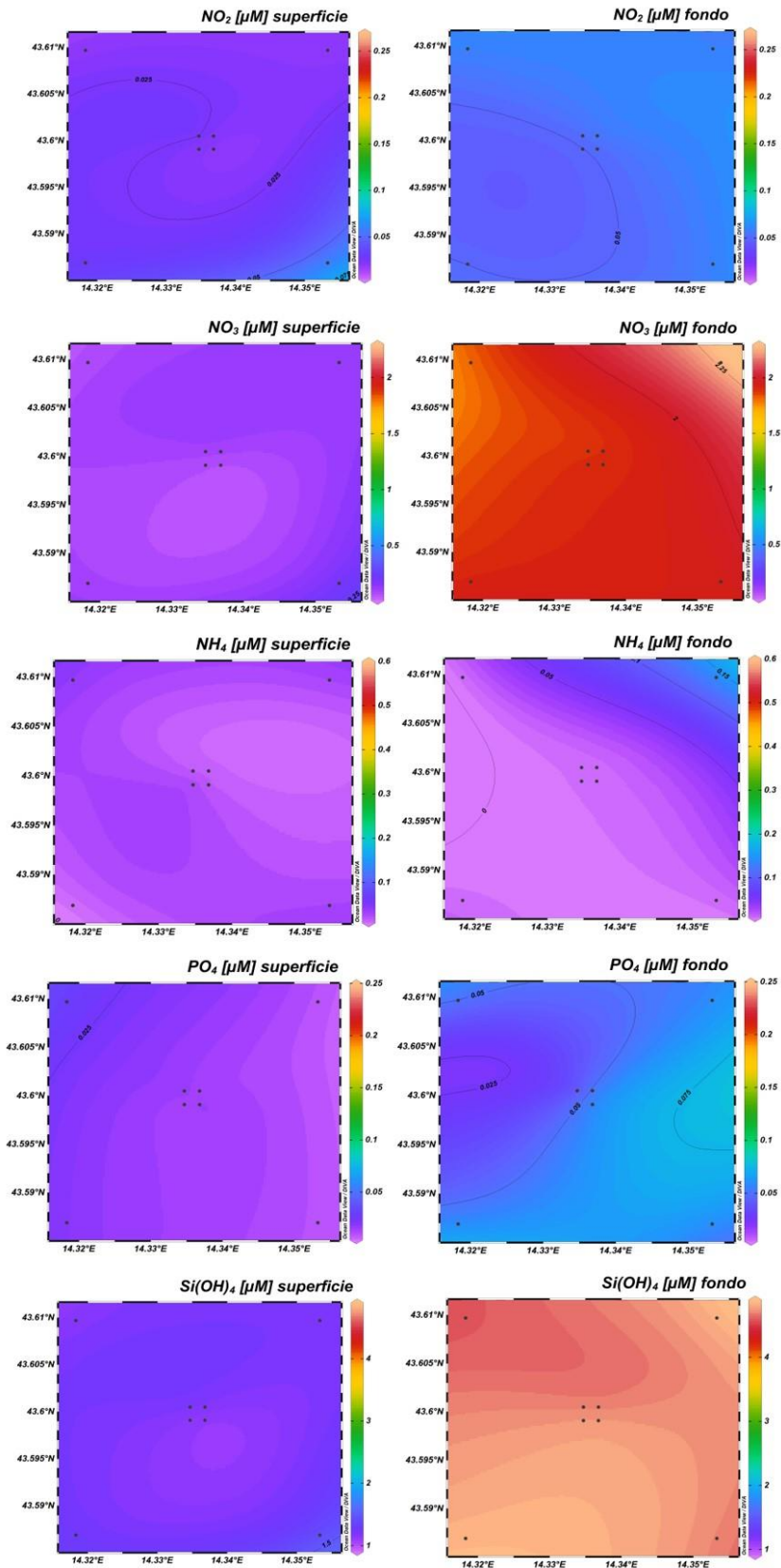


Fig. 3.13 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Novembre 2020.**

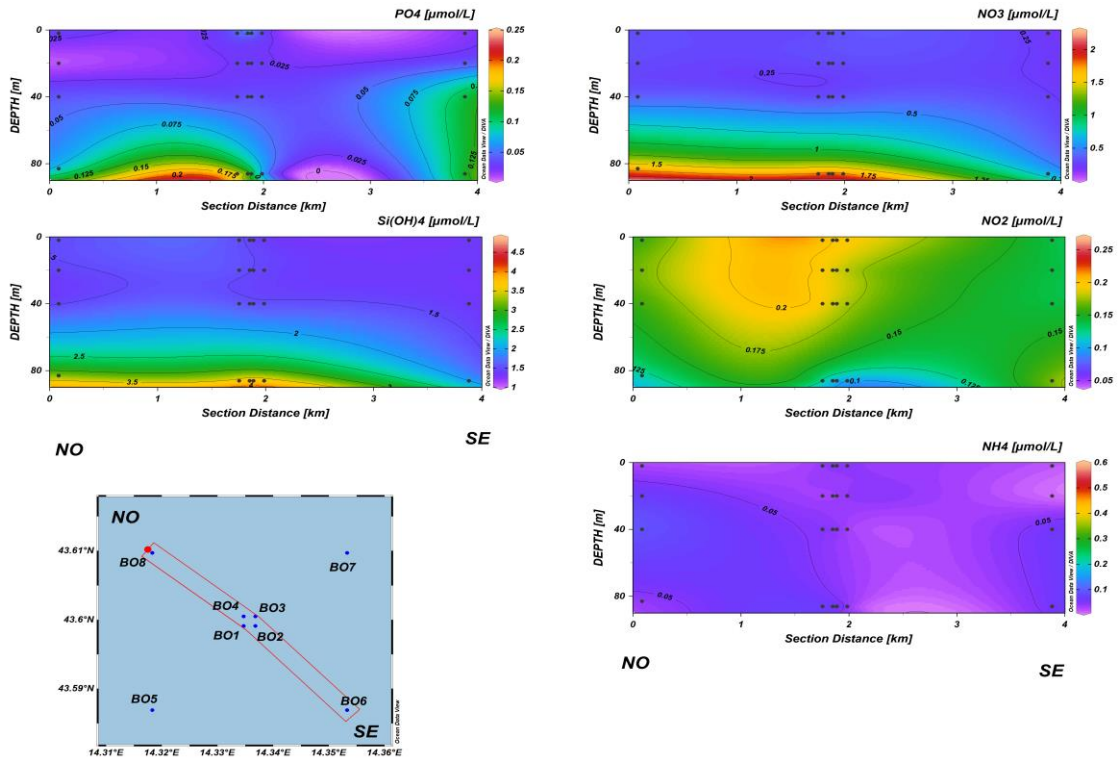


Fig. 3.14a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Dicembre 2020.

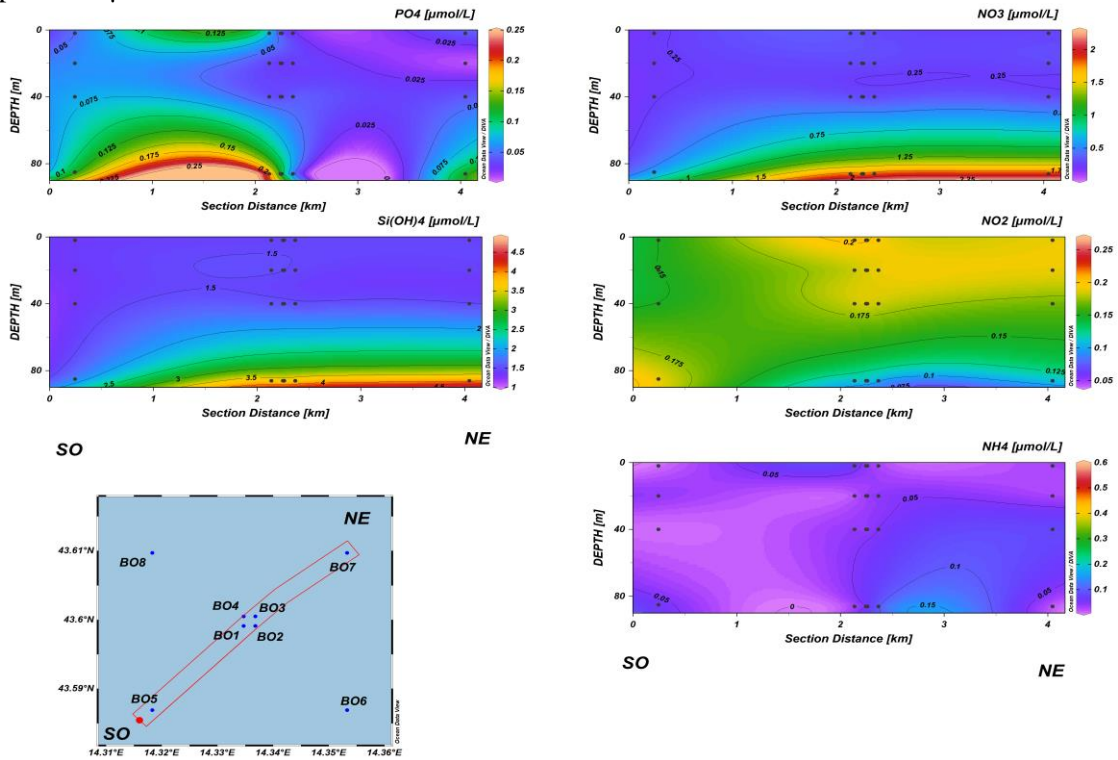


Fig. 3.14b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Dicembre 2020.

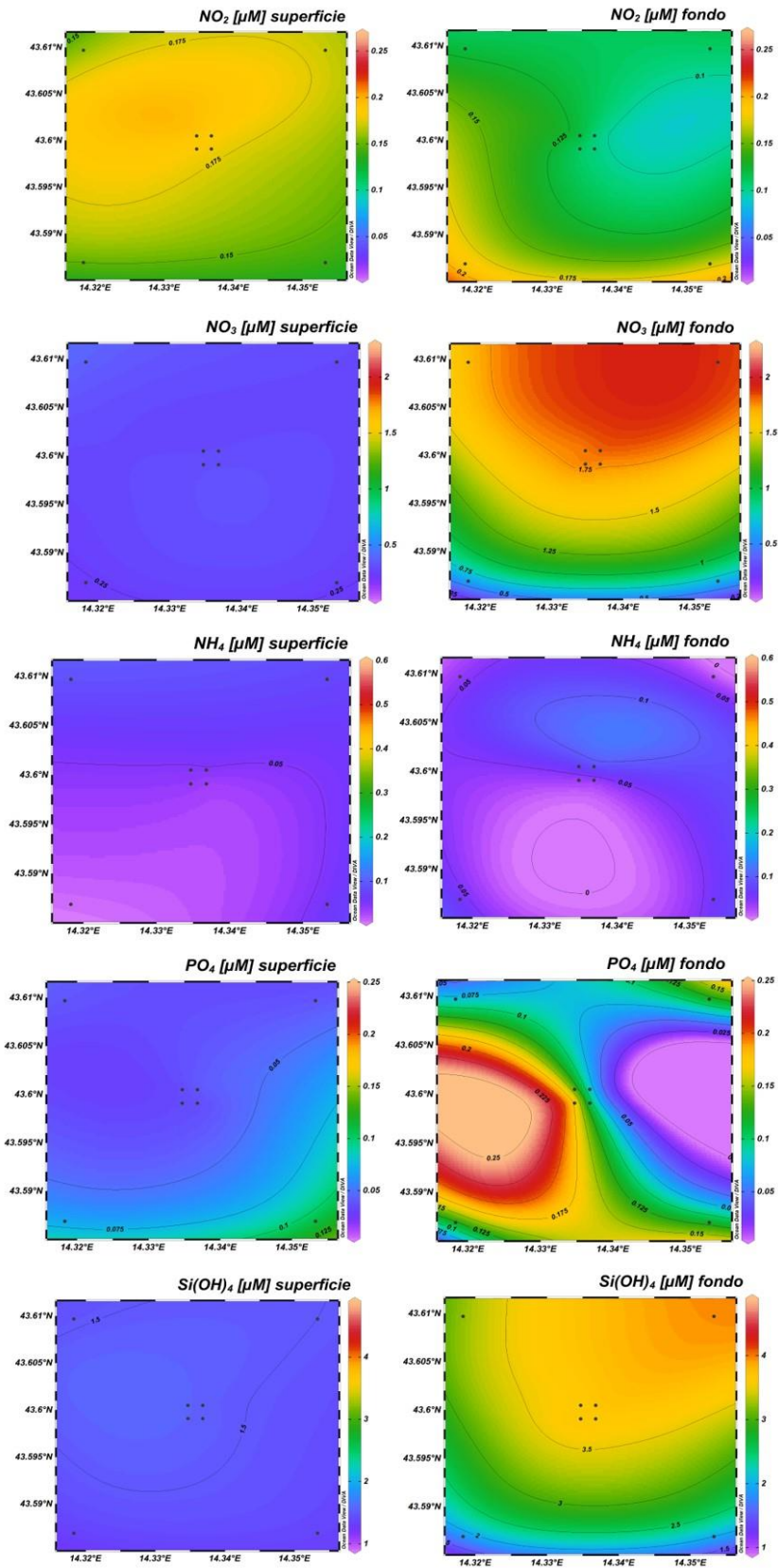


Fig. 3.15 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Dicembre 2020.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nell'agosto 2020 (figg. 3.16a, 3.16b, 3.17) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $63,8 \pm 29,6 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $139,3 \text{ ng l}^{-1}$ e un minimo di $22,6 \text{ ng l}^{-1}$ misurati rispettivamente al fondo della stazione BO2 e in superficie nella BO1. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie pari a $8,3 \pm 8,2 \text{ ng l}^{-1}$ e a $20,6 \pm 15,6 \text{ ng l}^{-1}$. La Chl *b* è oscillata tra $29,0 \text{ ng l}^{-1}$ (BO5, fondo) e valori prossimi allo zero (superficie e 20 m delle stazioni BO1, BO3, BO5 e BO6). Il massimo di Chl *c* ($56,4 \text{ ng l}^{-1}$) è stato invece riscontrato al fondo della stazione BO7, mentre la concentrazione minima ($6,0 \text{ ng l}^{-1}$) è stata misurata a 20 m nella BO6.

In generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo.

Il materiale particellato (TSM), ha presentato un contenuto medio di $0,4 \pm 0,5 \text{ mg l}^{-1}$. Come per i pigmenti clorofilliani, generalmente è stata riscontrata una maggiore concentrazione al fondo dell'area di campionamento. Sia il massimo ($2,3 \text{ mg l}^{-1}$) che il minimo ($0,03 \text{ mg l}^{-1}$) sono stati misurati nella stazione BO1, rispettivamente al fondo e a 20 m.

A novembre (figg. 3.18a, 3.18b, 3.19) la Chl *a*, mediamente pari a $120,5 \pm 42,5 \text{ ng l}^{-1}$, è variata tra un massimo di $174,4 \text{ ng l}^{-1}$ a 20 m di profondità nella stazione BO4 e un minimo di $43,3 \text{ ng l}^{-1}$ al fondo della BO5. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $8,6 \pm 3,8 \text{ ng l}^{-1}$ e $31,6 \pm 10,2 \text{ ng l}^{-1}$. Il massimo di Chl *b* ($14,9 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato a 20 m di profondità nella stazione BO4, mentre valori prossimi allo zero sono stati riscontrati in superficie nella BO3 e al fondo delle stazioni BO5, BO6 e BO8. La Chl *c* è invece oscillata tra $51,1 \text{ ng l}^{-1}$ (BO1, 20 m) e $11,8 \text{ ng l}^{-1}$ (BO6, fondo). Le concentrazioni di Chl *a* e di Chl *c* sono risultate decrescenti dalla superficie al fondo, mentre per la Chl *b* non è stato rilevato un andamento particolare.

Il TSM è risultato paragonabile al mese di agosto, con una media pari a $0,5 \pm 0,3 \text{ mg l}^{-1}$. Anche in questo caso le concentrazioni maggiori hanno caratterizzato lo strato di fondo dell'area di campionamento, dove presso BO5 è stato rilevato il massimo ($1,4 \text{ mg l}^{-1}$).

A dicembre (figg. 3.20a, 3.20b, 3.21) è stata rilevata una concentrazione media di Chl *a* di $110,2 \pm 45,5 \text{ ng l}^{-1}$; massimo ($188,9 \text{ ng l}^{-1}$) e minimo ($40,5 \text{ ng l}^{-1}$) sono stati misurati rispettivamente a 20 m nella stazione BO7 e al fondo della BO3. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $9,2 \pm 4,3 \text{ ng l}^{-1}$ e a $33,1 \pm 12,1 \text{ ng l}^{-1}$. Il valore maggiore di Chl *b* ($18,2 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato a 20 m di profondità nella stazione

BO6, mentre un valore prossimo allo zero ha caratterizzato la quota di fondo della BO7. Il massimo di Chl *c* ($54,8 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato a 20 m nella stazione BO7, il minimo ($11,2 \text{ ng l}^{-1}$) al fondo della BO3.

Il TSM è risultato mediamente presente con $0,8 \pm 0,4 \text{ mg l}^{-1}$; anche durante questo campionamento le concentrazioni più elevate hanno caratterizzato le quote più profonde; il massimo ($1,9 \text{ mg l}^{-1}$) è stato registrato al fondo della stazione BO2.

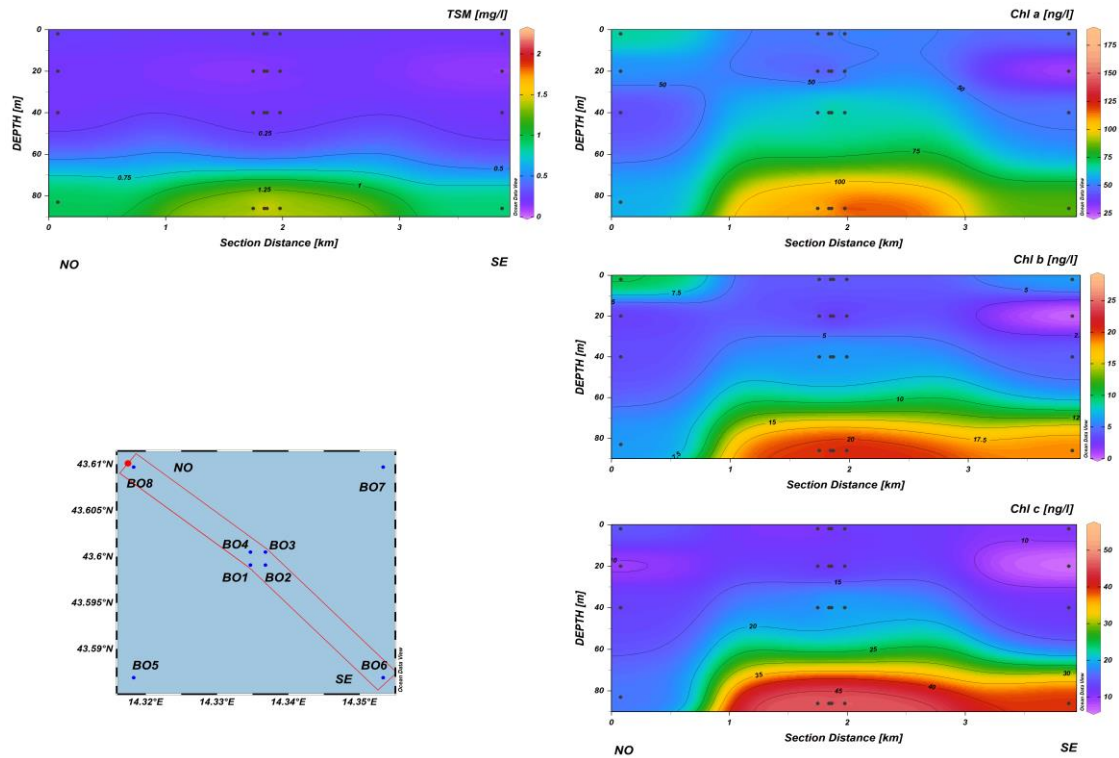


Fig. 3.16a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Agosto 2020.**

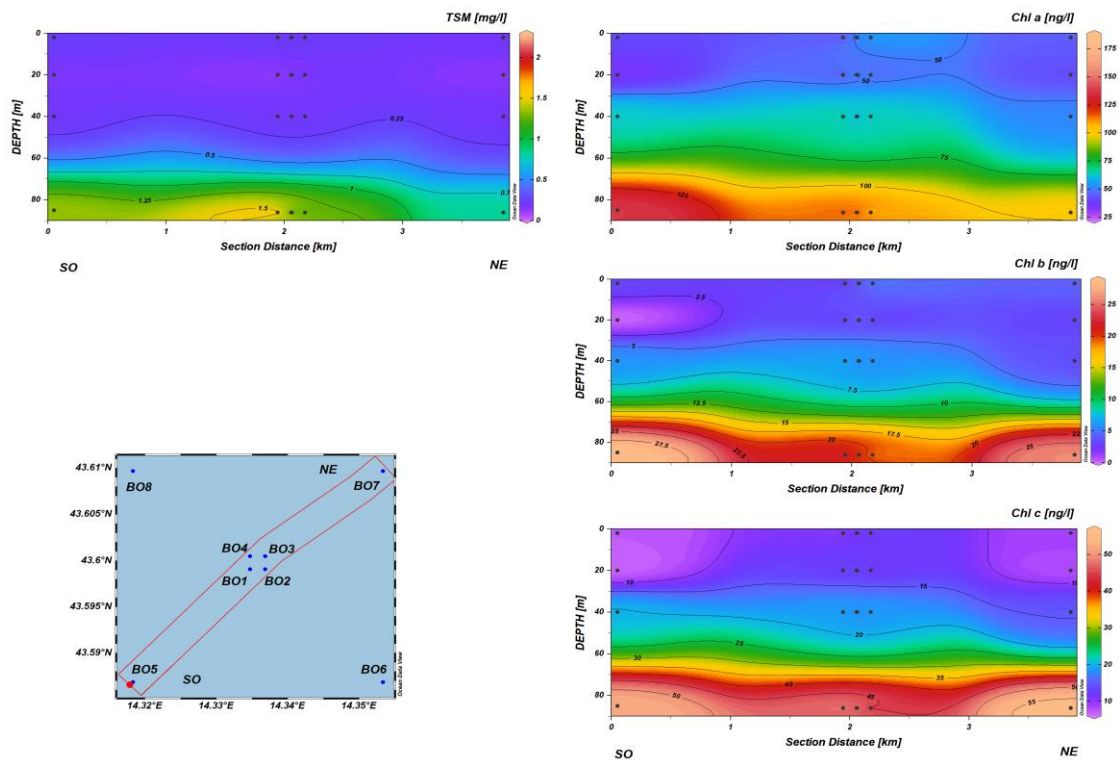


Fig. 3.16b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Agosto 2020.**

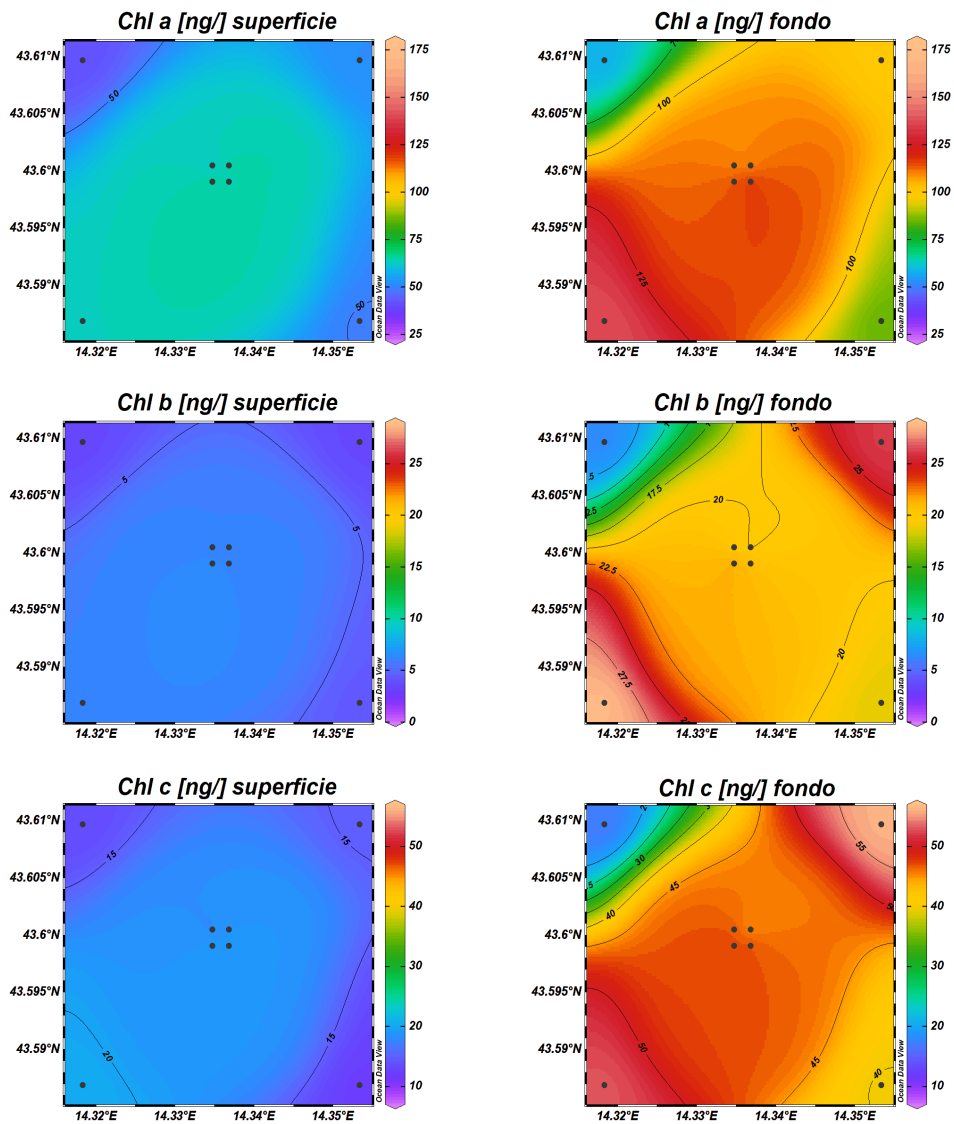


Fig. 3.17 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Agosto 2020.**

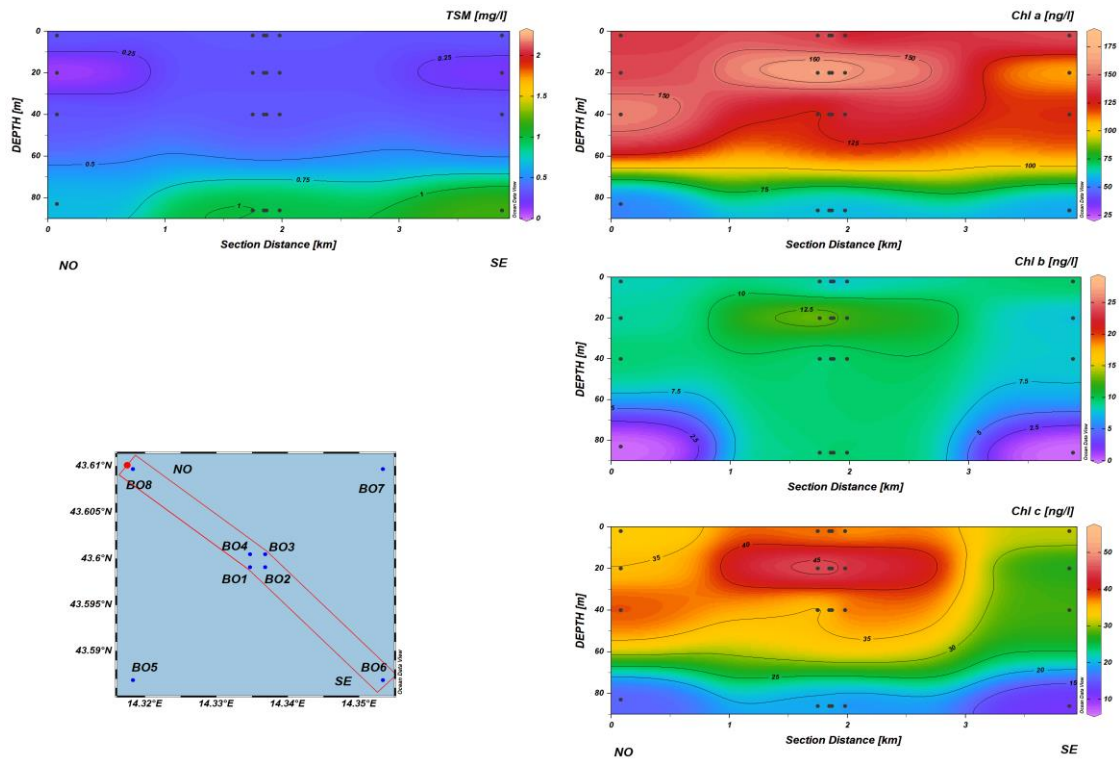


Fig. 3.18a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Novembre 2020.**

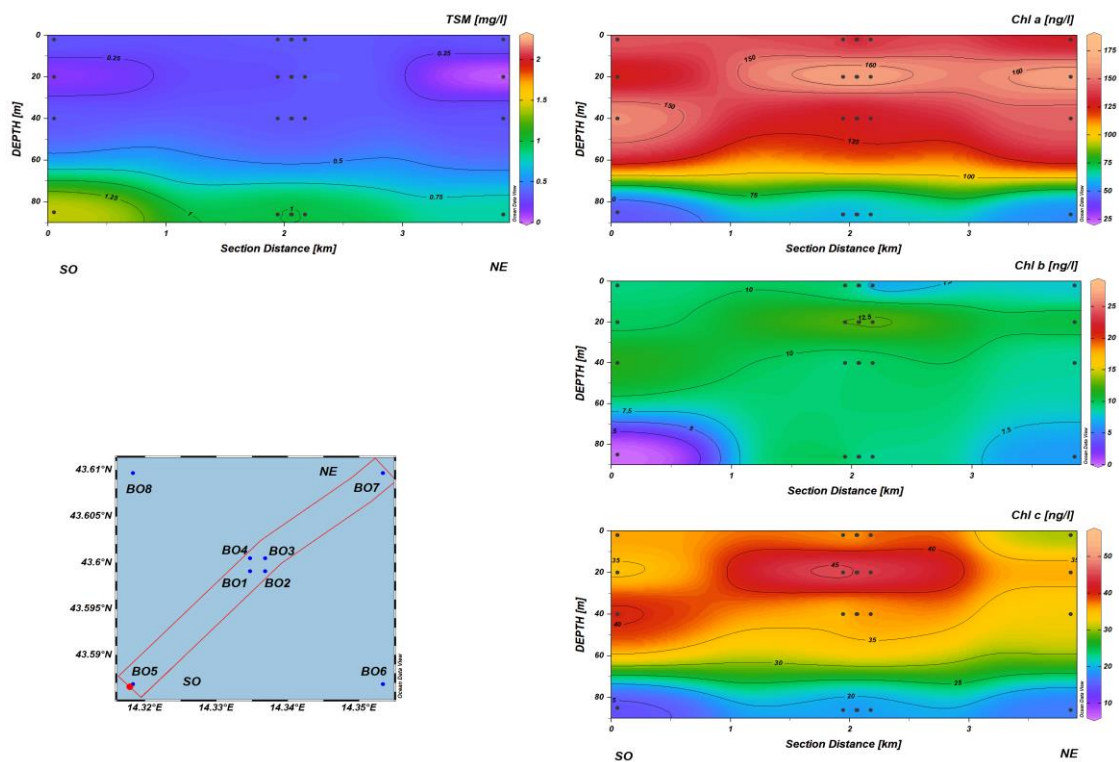


Fig. 3.18b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Novembre 2020.**

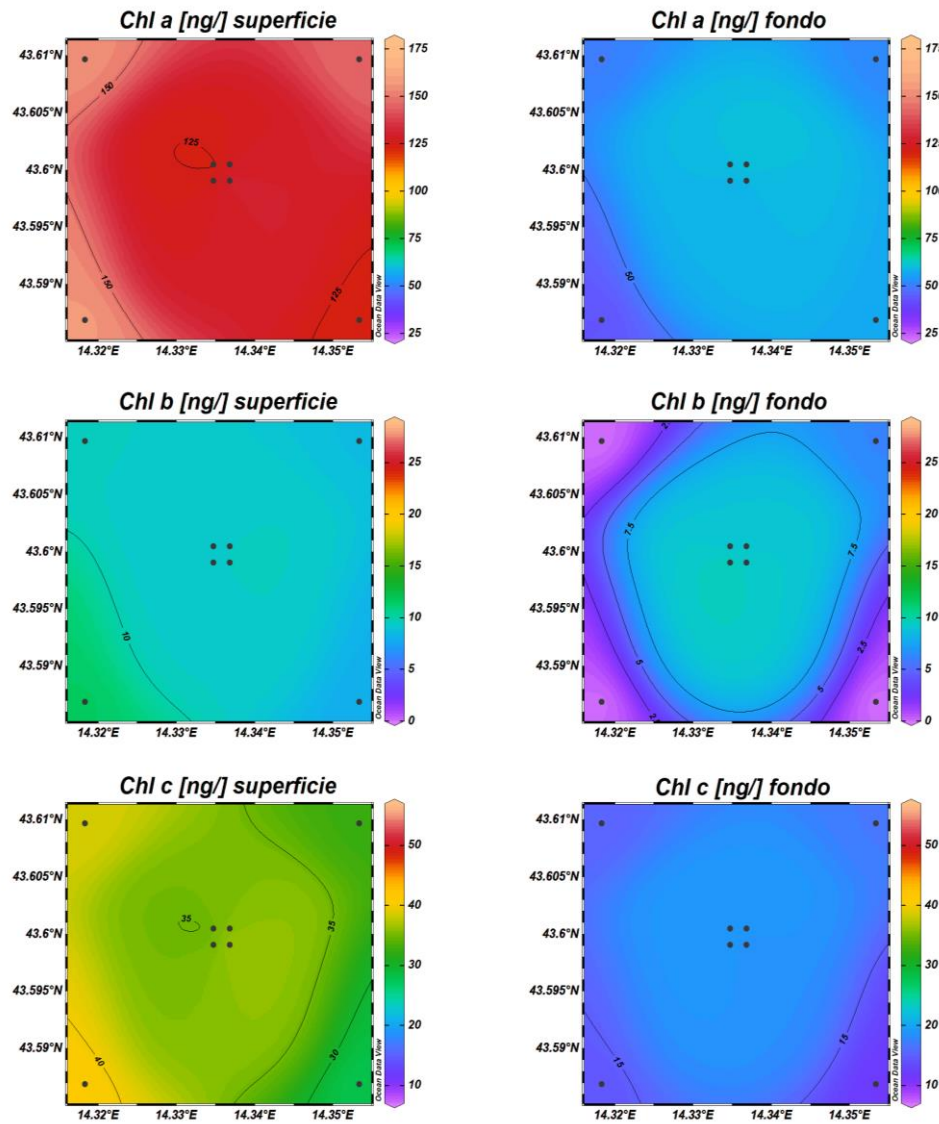


Fig. 3.19 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Novembre 2020.**

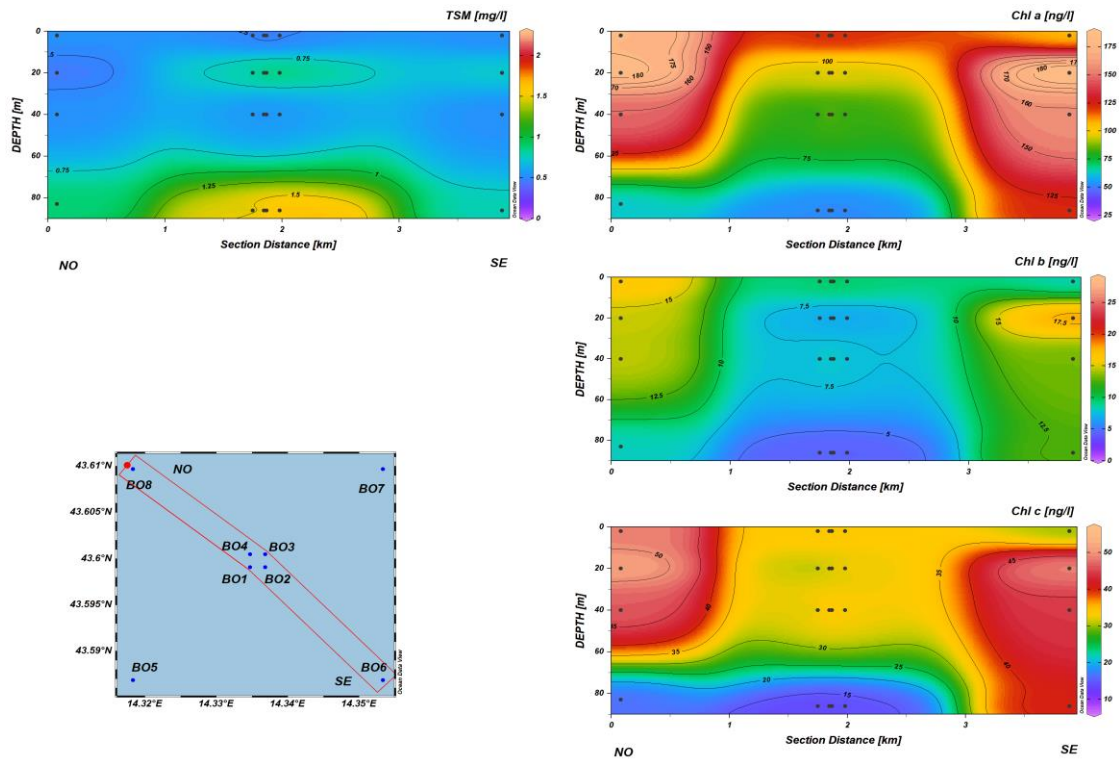


Fig. 3.20a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Dicembre 2020.**

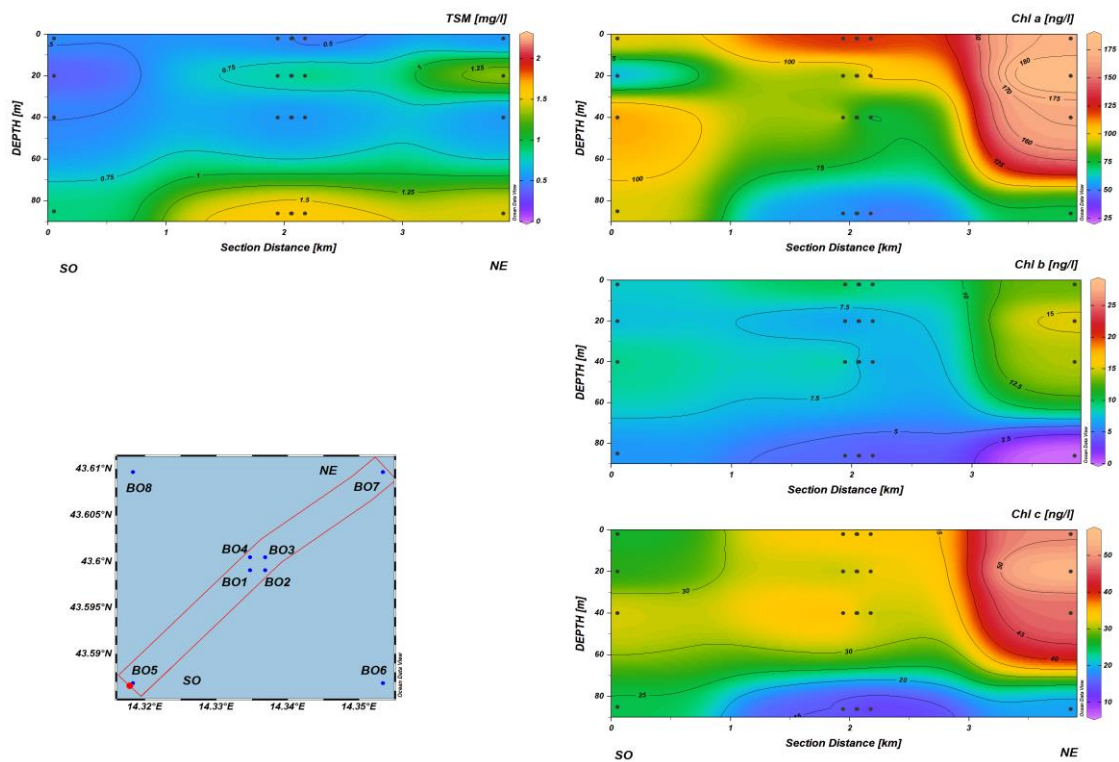


Fig. 3.20b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Dicembre 2020.**

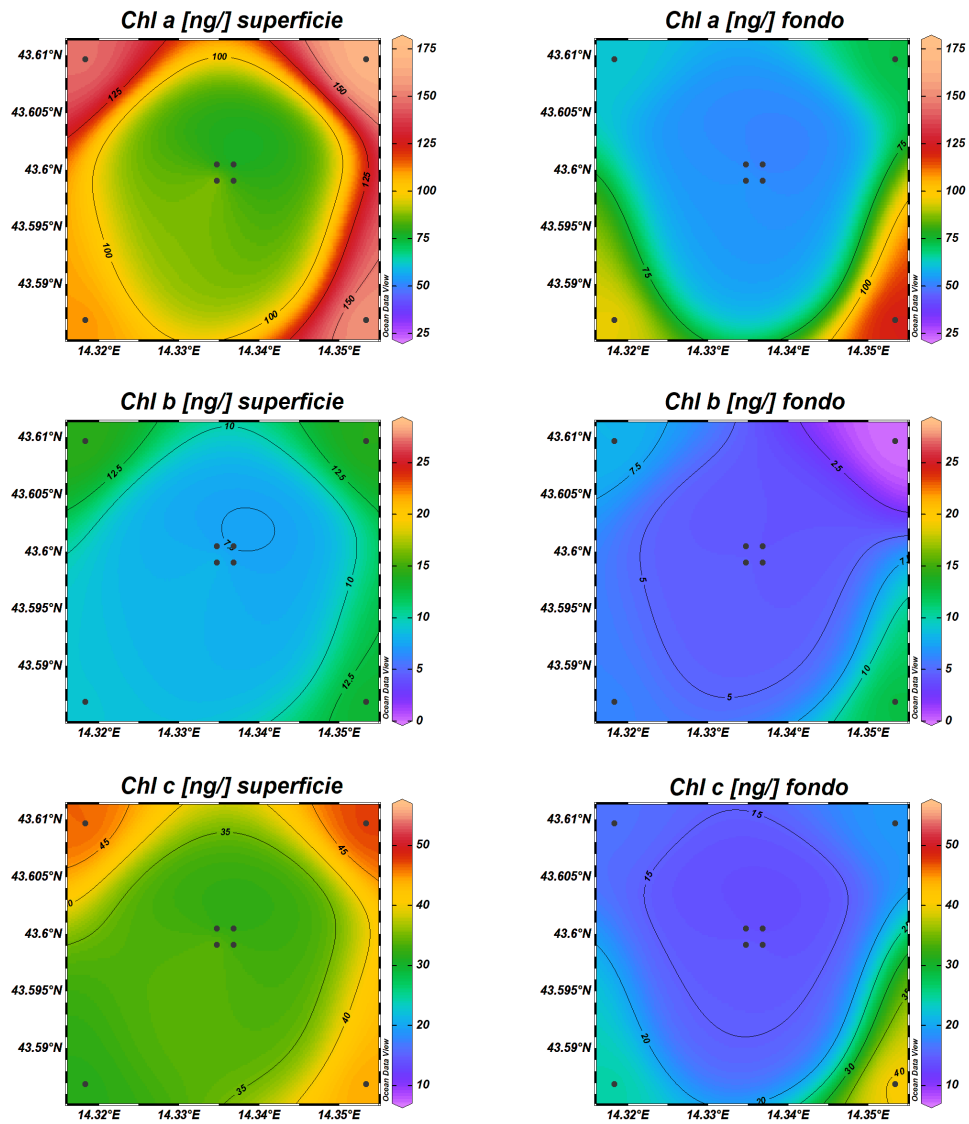


Fig. 3.21 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Dicembre 2020.**

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 2020 sono riportati rispettivamente nelle Tabb. 3-I - 3-III. Per comodità di confronto, nelle tabelle si riportano anche i valori dell'unico monitoraggio condotto nel 1° semestre (febbraio).

Ad agosto i valori di **IT** sono stati i massimi registrati nell'ambito delle tre campagne del 2° semestre 2020. La distribuzione geografica è stata omogenea, con range globale di 69-550 µg/L e media di 237±97 µg/L. Il massimo è stato rilevato in BO5 a 40 m di profondità. A novembre e dicembre è avvenuta una brusca diminuzione delle concentrazioni e il numero dei campioni rilevabili si è ridotto sensibilmente, soprattutto nelle stazioni di controllo. I range misurati sono stati di 24-77 µg/L a novembre (11 campioni rilevabili, di cui 10 nelle stazioni di piattaforma, BO1-BO4) e 20-170 µg/L a dicembre, con solo cinque valori rilevabili, tutti nella zona della piattaforma. I massimi in queste due campagne sono stati registrati rispettivamente in BO6 in superficie e in BO3 a 40 m.

Discorso analogo per quanto riguarda gli **IA**: ad agosto si è registrato il massimo annuale, con range di concentrazione di 14-190 µg/L e media di 77±47 µg/L. I valori maggiori sono stati rilevati nei siti BO1-BO4 con il massimo in BO1, superficie. Nelle altre due campagne si sono misurati valori in netta diminuzione e un ridotto numero di campioni rilevabili, come per gli IT. A novembre (11 campioni rilevabili di cui 10 a 100 m dalla piattaforma) è stato registrato un range di 6-32 µg/L (massimo in BO6, superficie), mentre a dicembre i campioni rilevabili sono stati 5 (tutti entro 100 m dalla struttura); il range è stato di 8-41 µg/L con il massimo a 20 m di profondità della stazione BO3.

Le concentrazioni di **IPA** sono state generalmente molto basse. Ad agosto il contenuto medio delle stazioni di controllo (15 campioni rilevabili) è stato maggiore di quello delle stazioni a 100 m dalla piattaforma (8 campioni rilevabili), rispettivamente 0,009±0,004 µg/L (range 0,004-0,020 µg/L) e 0,001±0,0002 µg/L (range 0,0006-0,0012 µg/L).

A novembre gli IPA sono stati rilevati ovunque in concentrazioni comprese tra 0,001 e 0,011 µg/L (massimo in BO3, fondo) e media complessiva di 0,008±0,002 µg/L.

A dicembre si è registrata un'ulteriore, lieve diminuzione degli IPA risultati quantificabili sul 50% del totale dei campioni, con range di 0,001-0,011 µg/L e media di 0,003±0,003 µg/L.

Tab. 3- I - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nei quattro survey effettuati nel 2020.

.Stazione	Febbraio	Agosto	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 28	400	< 28	< 28
BO1 20 m	< 28	300	47	< 28
BO1 40 m	< 28	110	31	< 28
BO1 fondo	< 28	69	39	< 28
BO2 sup	< 28	120	< 28	< 28
BO2 20 m	< 28	220	29	< 28
BO2 40 m	< 28	210	26	< 28
BO2 fondo	< 28	230	< 28	< 28
BO3 sup	< 28	240	24	20
BO3 20 m	< 28	380	< 28	110
BO3 40 m	< 28	< 28	38	170
BO3 fondo	< 28	150	< 28	73
BO4 sup	< 28	260	< 28	< 28
BO4 20 m	< 28	280	45	< 28
BO4 40 m	< 28	210	35	28
BO4 fondo	< 28	230	35	< 28
BO5 sup	< 28	330	< 28	< 28
BO5 20 m	< 28	200	< 28	< 28
BO5 40 m	< 28	550	< 28	< 28
BO5 fondo	< 28	240	< 28	< 28
BO6 sup	< 28	330	77	< 28
BO6 20 m	< 31	120	< 28	< 28
BO6 40 m	< 28	110	< 28	< 28
BO6 fondo	< 31	180	< 28	< 28
BO7 sup	< 28	220	< 28	< 28
BO7 20 m	< 28	250	< 28	< 28
BO7 40 m	< 28	210	< 28	< 28
BO7 fondo	< 28	190	< 28	< 28
BO8 sup	< 28	230	< 28	< 28
BO8 20 m	< 28	220	< 28	< 28
BO8 40 m	< 28	220	< 28	< 28
BO8 fondo	< 28	330	< 28	< 28

Tab. 3-II - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nei quattro survey condotti nel 2020.

Stazione	Febbraio	Agosto	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 1	190	< 1	< 1
BO1 20 m	< 1	140	14	< 1
BO1 40 m	< 1	33	14	< 1
BO1 fondo	< 1	20	8,7	< 1
BO2 sup	< 1	36	< 1	< 1
BO2 20 m	< 1	96	15	< 1
BO2 40 m	< 1	90	13	< 1
BO2 fondo	< 1	100	< 1	8,9
BO3 sup	< 1	120	5,9	27
BO3 20 m	< 1	180	< 1	41
BO3 40 m	< 1	< 1	16	24
BO3 fondo	< 1	44	< 1	< 1
BO4 sup	< 1	120	< 1	< 1
BO4 20 m	< 1	130	24	8
BO4 40 m	< 1	100	16	< 1
BO4 fondo	< 1	110	6,8	< 1
BO5 sup	< 1	89	< 1	< 1
BO5 20 m	< 1	51	< 1	< 1
BO5 40 m	< 1	140	< 1	< 1
BO5 fondo	< 1	38	< 1	< 1
BO6 sup	< 1	26	32	< 1
BO6 20 m	< 1	14	< 1	< 1
BO6 40 m	< 1	14	< 1	< 1
BO6 fondo	< 1	32	< 1	< 1
BO7 sup	< 1	50	< 1	< 1
BO7 20 m	< 1	65	< 1	< 1
BO7 40 m	< 1	50	< 1	< 1
BO7 fondo	< 1	43	< 1	< 1
BO8 sup	< 1	73	< 1	< 1
BO8 20 m	< 1	52	< 1	< 1
BO8 40 m	< 1	56	< 1	< 1
BO8 fondo	< 1	96	< 1	< 1

Tab. 3-III - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) dei 16 Idrocarburi Policiclici Aromatici misurate nei quattro survey condotti nel 2020.

Stazione	Febbraio	Agosto	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,01000	0,00120
BO1 20 m	< 0,0028	0,00071	0,00660	< 0,00056
BO1 40 m	< 0,0028	0,00070	0,00940	0,00130
BO1 fondo	< 0,0028	0,00068	0,00810	< 0,00056
BO2 sup	< 0,0028	0,00120	0,00810	0,00065
BO2 20 m	< 0,0028	< 0,0028	0,00940	< 0,00056
BO2 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,00920	< 0,00056
BO2 fondo	< 0,0028	0,00071	0,0078	< 0,00056
BO3 sup	< 0,0028	0,00068	0,00830	< 0,00056
BO3 20 m	< 0,0028	< 0,0028	0,01000	< 0,00056
BO3 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,00750	< 0,00056
BO3 fondo	< 0,0028	< 0,0028	0,01100	0,01100
BO4 sup	< 0,0028	0,00075	0,00940	0,00076
BO4 20 m	< 0,0028	0,00063	0,00840	< 0,00056
BO4 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,00840	0,00074
BO4 fondo	< 0,0028	< 0,0028	0,00990	0,00180
BO5 sup	< 0,0028	0,01700	0,00970	< 0,00056
BO5 20 m	< 0,0028	0,01200	0,00060	0,00300
BO5 40 m	< 0,0028	0,01000	0,00820	0,00290
BO5 fondo	< 0,0028	0,00600	0,00380	< 0,00056
BO6 sup	< 0,0028	0,00860	0,00600	0,00110
BO6 20 m	< 0,0028	0,00470	0,00660	< 0,00056
BO6 40 m	< 0,0028	0,00980	0,00390	< 0,00056
BO6 fondo	< 0,0028	0,01100	0,00650	< 0,00056
BO7 sup	< 0,0028	0,00510	0,00450	0,00890
BO7 20 m	< 0,0028	0,00400	0,00700	< 0,00056
BO7 40 m	< 0,0028	0,00870	0,00790	0,00320
BO7 fondo	< 0,0028	0,00790	0,00440	0,00340
BO8 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0095	0,00350
BO8 20 m	< 0,0028	0,02000	0,009700	< 0,00056
BO8 40 m	< 0,0028	0,01000	0,00720	0,00300
BO8 fondo	< 0,0028	0,00580	0,00370	0,00280

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

Per il **benzene** in tutto il semestre solo dieci valori sono risultati maggiori del LR, ad agosto, di cui 8 relativi a campioni provenienti dai siti BO1-BO4, con un range globale di 0,011-0,019 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO4, superficie).

Le concentrazioni di **etilbenzene** sono state pressoché costanti e geograficamente omogenee durante il 2° semestre. Le medie complessive sono state pari a 0,016 \pm 0,007 $\mu\text{g/L}$ ad agosto, a 0,013 \pm 0,002 $\mu\text{g/L}$ a novembre e infine a 0,019 \pm 0,008 $\mu\text{g/L}$ a dicembre. Da notare che ad agosto sono risultati al di sopra del LR solo 15 campioni, la maggior parte dei quali (11) prelevati nelle stazioni di piattaforma (BO1-BO4).

Lo **stirene** è rimasto mediamente costante nel semestre (agosto: 0,020 \pm 0,008; novembre: 0,024 \pm 0,004; dicembre: 0,025 \pm 0,021 $\mu\text{g/L}$). Nel 1° survey è risultato quantificabile in 5

campioni prelevati a 100 m dalla piattaforma e in 12 di controllo, a novembre è stato rilevato ovunque e a dicembre in tutti i campioni prelevati a 100 m di distanza e in 4 di controllo. Le concentrazioni massime (agosto: 0,0045; novembre: 0,032; dicembre: 0,036 $\mu\text{g/L}$) sono state registrate sempre alla quota superficiale di BO4.

Il **toluene** non è mai stato rilevato nel 2° semestre 2020 e lo **xilene** è stato caratterizzato da valori statisticamente costanti e distribuiti omogeneamente. Ad agosto solo 14 di essi sono risultati al di sopra del LR, di cui 10 provenienti dalle stazioni di piattaforma (range globale 0,020-0,090, media $0,030 \pm 0,018 \mu\text{g/L}$). A novembre sono stati osservati solo 15 valori utili, di cui solo tre nelle stazioni di piattaforma; la media complessiva è stata pari a $0,025 \pm 0,009 \mu\text{g/L}$ e le concentrazioni sono oscillate tra 0,020 e 0,057 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO7, 20 m).

Infine, a dicembre lo xilene è stato misurato su 19 campioni per lo più provenienti dalle stazioni a 100 m di distanza; il range di concentrazione è stato di 0,020-0,064 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO4, 40 m) e ha fornito una media $0,031 \pm 0,012 \mu\text{g/L}$.

Tab. 3-IV - Microinquinanti organici (BTEX; µg/L) determinati nel corso dei survey condotti nel 2020.

Stazione	Benzene				Etilbenzene				Stirene				Toluene				Xilene			
	Feb	Ago	Nov	Dic	Feb	Ago	Nov	Dic	Feb	Ago	Nov	Dic	Feb	Ago	Nov	Dic	Feb	Ago	Nov	Dic
BO1 sup	0,012	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	0,016	0,120	< 0,01	0,025	0,011	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,022	< 0,02	0,022
BO1 20 m	0,012	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	0,011	0,013	0,130	< 0,01	0,022	0,020	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,021
BO1 40 m	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025	0,011	0,011	0,160	< 0,01	0,018	0,018	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,025	< 0,02	0,021
BO1 fondo	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	0,012	0,010	0,180	< 0,01	0,023	0,018	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,020
BO2 sup	0,012	0,011	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	0,011	0,015	0,160	< 0,01	0,024	0,021	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,010	< 0,02	< 0,02	0,025
BO2 20 m	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,028	0,160	< 0,01	0,019	0,019	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,033
BO2 40 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	0,011	0,027	0,190	< 0,01	0,017	0,023	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,036
BO2 fondo	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,012	0,012	0,020	0,180	< 0,01	0,028	0,020	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,020	0,029
BO3 sup	0,012	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	0,012	0,015	0,095	< 0,01	0,025	0,110	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,023	< 0,02	0,024
BO3 20 m	0,011	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	0,012	0,011	0,120	0,023	0,025	0,018	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,023	< 0,02	0,021
BO3 40 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	0,014	0,170	< 0,01	0,028	0,019	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,020	0,020	0,025
BO3 fondo	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,021	0,011	0,010	0,140	< 0,01	0,027	0,015	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,025	< 0,02	< 0,02
BO4 sup	0,026	0,019	< 0,01	< 0,01	0,022	0,034	0,013	0,019	0,160	0,045	0,032	0,036	0,22	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,046	0,090	0,023	0,051
BO4 20 m	0,012	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	0,011	0,026	0,110	0,025	0,024	0,027	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,046	< 0,02	0,050
BO4 40 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	0,012	0,041	0,110	0,021	0,024	0,026	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,028	< 0,02	0,064
BO4 fondo	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	0,022	0,094	< 0,01	0,027	0,024	< 0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,024	< 0,02	0,034
BO5 sup	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	0,190	0,016	0,026	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,022	< 0,02
BO5 20 m	0,012	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,160	0,018	0,022	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO5 40 m	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	0,013	< 0,01	0,180	0,018	0,021	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,020	0,021	< 0,02
BO5 fondo	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,120	0,019	0,024	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO6 sup	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	0,250	0,015	0,031	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,022	< 0,02
BO6 20 m	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	0,210	0,016	0,027	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,022	< 0,02
BO6 40 m	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,200	0,014	0,022	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO6 fondo	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,180	0,012	0,013	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO7 sup	0,015	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017	0,012	0,016	0,210	0,028	0,025	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,032	0,021	< 0,02
BO7 20 m	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,023	< 0,01	0,150	0,020	0,031	0,013	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,023	0,057	< 0,02
BO7 40 m	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	0,016	< 0,01	0,110	0,020	0,024	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,022	0,028	< 0,02
BO7 fondo	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	0,170	0,015	0,028	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,026	< 0,02
BO8 sup	0,012	0,013	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	0,013	0,014	0,200	< 0,01	0,026	0,020	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,021	0,024
BO8 20 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	0,022	0,150	< 0,01	0,021	0,019	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,021	0,030
BO8 40 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	0,023	0,150	< 0,01	0,020	0,020	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,021	0,032
BO8 fondo	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	0,021	0,190	< 0,01	0,020	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	0,024	0,023

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il Glicole Etilenico è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale nel 2020 eccetto un unico caso in febbraio (BO4, superficie), probabilmente da considerarsi come spike (Tab. 3-V).

Tab. 3-V - Concentrazioni (mg/L) di Glicole etilenico registrate nel corso dei survey condotti nel 2020.

Stazione	Febbraio	Agosto	Ottobre	Dicembre
BO1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 sup	3,5	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2

3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli pesanti determinati nella colonna d'acqua nel 2° semestre 2020 sono riportate in Tab. 3-VI insieme alle concentrazioni rilevate nel mese di febbraio per comodità di confronto.

In generale, i tenori sono risultati in linea con quelli registrati a febbraio 2020. Non si può inoltre riscontrare una significativa differenziazione in termini statistici tra le stazioni prossime alla piattaforma (BO1-BO4) e quelle di controllo (BO5-BO8).

Alluminio - Ad agosto l'alluminio non è stato rilevato e a novembre è stato quantificato in 7 campioni a 100 m da Bonaccia NW e in 15 di controllo. In questo survey il range delle concentrazioni è stato 0,20-21,00 µg/L (massimo in BO8, fondo), con media di $6,67 \pm 5,44$ µg/L, derivato da 22 campioni utili. A dicembre questo metallo è stato rilevato in 9 campioni a 100 m e in 8 di controllo; le concentrazioni sono variate tra 0,33 e 44,00 µg/L (massimo in BO6, 40 m).

Arsenico - Durante il 2° semestre l'arsenico è stato quantificato ovunque ma in concentrazioni basse e molto omogenee sia geograficamente che temporalmente. Ad agosto la media è stata pari a $0,14 \pm 0,01$ µg/L, a novembre a $0,15 \pm 0,02$ µg/L e a dicembre $0,19 \pm 0,04$ µg/L.

Bario - Il bario ha presentato un andamento analogo a quello dell'arsenico, con concentrazioni basse, costanti e spazialmente omogenee durante tutto il 2° semestre 2020. Il contenuto medio è oscillato tra $0,81 \pm 0,06$ (agosto) e $1,10 \pm 0,75$ µg/L (novembre), in un range globale semestrale di 0,70-5,00 µg/L (massimo a novembre in BO6, fondo).

Cadmio - Questo metallo non è stato rilevato durante tutto il 2020.

Cromo - Non quantificabile ad agosto, nel mese di novembre solo 13 valori sono risultati al di sopra del LR, di cui 5 nelle stazioni prossime alla piattaforma e 8 in quelle di controllo. Il range complessivo è stato di 0,11-0,91 µg/L con il massimo rilevato in BO7 a 40 m di profondità. A dicembre è stato registrato solo un valore utile, peraltro elevato, alla quota superficiale della stazione di controllo BO5.

Ferro - Ad agosto sono stati rilevati i valori minimi per il 2° semestre 2020 (range globale 0,06-1,80 µg/L, media $0,48 \pm 0,36$ µg/L). A novembre il ferro è variato tra 0,44 e 19,00 µg/L (massimo in BO7, 40 m), con media di $4,05 \pm 4,34$ µg/L, mentre a dicembre si è registrata una media globale di $7,16 \pm 18,17$ µg/L (range 0,17-79,00 µg/L), con il massimo assoluto di 79,00 µg/L misurato nella stazione BO5 in superficie.

Mercurio – Ad agosto il mercurio è stato misurato ovunque con un range di concentrazione di 0,042-0,150 µg/L (massimo in BO5, 20 m) che ha fornito una media di 0,094±0,029 µg/L. A novembre e dicembre tutti i campioni sono risultati inferiori al LR.

Nichel - Non rilevato ad agosto, negli altri due survey le concentrazioni, quando rilevabili, sono state molto basse. A novembre la media complessiva è stata pari a 0,17±0,11 µg/L (range 0,05-0,44 µg/L), a dicembre sono risultati al di sopra del LR solo due campioni prelevati alla quota superficiale delle stazioni BO3 e BO5.

Piombo – Relativamente al piombo, ad agosto è stato misurato esclusivamente in BO2, superficie con una concentrazione modesta (0,037 µg/L). A novembre è risultato rilevabile in 15 campioni dove il range è variato tra 0,021 e 1,300 µg/L (massimo in BO5, 40 m), mentre a dicembre è stato quantificato quasi ovunque in concentrazioni variabili tra 0,02 e 0,40 µg/L (massimo in BO8, fondo).

Rame - Valori bassi e al di sotto di 0,50 µg/L hanno caratterizzato i livelli del rame durante il 2° semestre 2020. Ad agosto solo due valori hanno superato il LR, mentre a novembre la concentrazione media complessiva ricavata dai 20 campioni utili è stata di 0,24±0,32 µg/L. A dicembre sono stati quantificati solo 10 campioni, omogeneamente distribuiti, con range globale di 0,07-0,45 µg/L (massimo in BO8, fondo).

Vanadio - Il vanadio ha evidenziato concentrazioni basse e molto omogenee sia spazialmente che temporalmente. Il contenuto medio è variato tra 0,14±0,02 (agosto) e 0,23±0,03 µg/L (novembre), con bassissima dispersione dei dati. Il range globale è stato di 0,12-0,48 µg/L, con il massimo del semestre sul fondo della stazione BO1 ad agosto.

Zinco - Ad agosto la concentrazione media complessiva è stata di 0,62±0,44 µg/L (range 0,11-2,00 µg/L, con massimo in BO3, superficie) e a novembre di 6,12±7,34 µg/L (range 0,21-23,00 µg/L, con massimo in BO8, 20 m). Infine, a dicembre, quando lo zinco è stato rilevato in 7 campioni provenienti dai siti BO1-BO4 e in 5 di controllo, è stata calcolata una concentrazione media pari a 1,23±0,99 µg/L (range 0,16-3,20 µg/L, massimo in BO2, superficie).

Indio - L'indio non è mai stato quantificato nel 2° semestre 2020.

Silicio – Anche il silicio è risultato non rilevabile in tutto il semestre.

Tab. 3-VI - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di Metalli Pesanti registrate nel corso dei survey condotti nel 2020.

Stazione	Alluminio				Arsenico				Bario			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
BO1 sup	< 0,081	< 0,081	< 0,081	< 0,081	0,22	0,16	0,14	0,18	0,69	1,00	0,75	0,71
BO1 20 m	1,200	< 0,081	< 0,081	4,70	0,21	0,13	0,15	0,15	0,73	0,76	0,87	0,89
BO1 40 m	< 0,081	< 0,081	6,80	< 0,081	0,28	0,15	0,15	0,20	0,63	0,80	1,30	0,76
BO1 fondo	3,00	< 0,081	11,00	21,00	0,26	0,12	0,16	0,37	0,73	0,82	1,10	1,70
BO2 sup	0,32	< 0,081	3,30	12,00	0,21	0,16	0,14	0,17	0,78	0,86	1,00	1,00
BO2 20 m	< 0,081	< 0,081	6,10	9,20	0,23	0,15	0,17	0,16	0,64	0,79	1,00	0,73
BO2 40 m	< 0,081	< 0,081	3,60	< 0,081	0,22	0,14	0,12	0,19	0,65	0,82	0,96	0,70
BO2 fondo	< 0,081	< 0,081	1,10	< 0,081	0,24	0,13	0,18	0,20	0,67	0,79	0,81	0,84
BO3 sup	0,34	< 0,081	< 0,081	2,30	0,28	0,12	0,17	0,15	0,68	0,71	0,84	0,96
BO3 20 m	0,76	< 0,081	< 0,081	< 0,081	0,25	0,15	0,16	0,18	0,73	0,75	0,76	0,86
BO3 40 m	0,26	< 0,081	< 0,081	18,00	0,22	0,15	0,15	0,17	0,72	0,80	0,86	1,20
BO3 fondo	1,10	< 0,081	< 0,081	< 0,081	0,25	0,13	0,17	0,20	0,66	0,77	0,85	0,77
BO4 sup	< 0,081	< 0,081	2,30	0,72	0,26	0,16	0,16	0,18	0,59	0,81	0,83	0,73
BO4 20 m	< 0,081	< 0,081	< 0,081	8,50	0,23	0,12	0,14	0,15	0,67	0,82	0,81	0,78
BO4 40 m	< 0,081	< 0,081	< 0,081	< 0,081	0,21	0,14	0,16	0,18	0,67	0,85	0,77	0,82
BO4 fondo	< 0,081	< 0,081	< 0,081	1,40	0,25	0,14	0,14	0,19	0,66	0,73	0,83	1,00
BO5 sup	< 0,081	< 0,081	3,00	< 0,081	0,25	0,14	0,13	0,23	0,64	0,89	0,93	0,94
BO5 20 m	< 0,081	< 0,081	0,20	8,00	0,26	0,14	0,12	0,15	0,71	0,84	0,91	0,74
BO5 40 m	< 0,081	< 0,081	9,20	< 0,081	0,28	0,13	0,18	0,18	0,73	0,79	1,40	0,82
BO5 fondo	< 0,081	< 0,081	16,00	0,72	0,23	0,14	0,14	0,18	0,65	0,87	0,87	0,70
BO6 sup	0,51	< 0,081	< 0,081	< 0,081	0,20	0,14	0,15	0,20	0,70	0,83	0,89	0,80
BO6 20 m	0,27	< 0,081	11,00	0,33	0,22	0,13	0,14	0,20	0,73	0,79	1,10	0,82
BO6 40 m	< 0,081	< 0,081	9,30	44,00	0,25	0,15	0,14	0,18	0,71	0,80	1,20	1,00
BO6 fondo	< 0,081	< 0,081	2,60	< 0,081	0,26	0,13	0,16	0,19	0,67	0,75	5,00	0,85
BO7 sup	< 0,081	< 0,081	0,42	< 0,081	0,30	0,13	0,17	0,17	0,70	0,93	0,86	0,73
BO7 20 m	< 0,081	< 0,081	5,90	< 0,081	0,23	0,12	0,15	0,18	0,61	0,82	0,82	0,72
BO7 40 m	< 0,081	< 0,081	2,60	23,00	0,28	0,16	0,14	0,18	0,63	0,75	0,76	0,99
BO7 fondo	0,30	< 0,081	14,00	0,77	0,28	0,16	0,16	0,19	0,71	0,79	1,20	0,95
BO8 sup	< 0,081	< 0,081	3,50	12,00	0,26	0,15	0,17	0,20	0,61	0,85	0,87	1,70
BO8 20 m	0,15	< 0,081	9,60	8,60	0,28	0,14	0,14	0,17	0,76	0,80	1,40	0,84
BO8 40 m	< 0,081	< 0,081	4,20	< 0,081	0,28	0,13	0,16	0,20	0,63	0,81	1,10	0,75
BO8 fondo	< 0,081	< 0,081	21,00	< 0,081	0,23	0,15	0,15	0,18	0,70	0,79	1,70	0,72

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Cadmio				Cromo				Ferro			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
BO1 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,90	0,057	0,44	0,24
BO1 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,16	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,10	0,085	0,82	6,50
BO1 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,56	< 0,10	0,16	< 0,10	3,00	0,14	6,70	< 0,036
BO1 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,44	< 0,10	3,00	1,10	5,30	1,40
BO2 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	3,50	0,52	1,90	8,40
BO2 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,30	< 0,10	6,30	0,55	3,50	< 0,036
BO2 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	1,00	0,17	2,30	< 0,036
BO2 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,58	0,64	1,20	< 0,036
BO3 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,80	< 0,035	1,10	1,50
BO3 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,00	0,34	0,62	0,55
BO3 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,00	0,39	1,30	11,00
BO3 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,00	0,35	1,30	< 0,036
BO4 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,87	0,48	0,66	< 0,036
BO4 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,80	0,61	0,48	< 0,036
BO4 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,80	0,53	0,76	< 0,036
BO4 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,10	0,61	1,30	2,90
BO5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,50	0,97	1,80	3,80	79,00
BO5 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,90	0,69	1,90	< 0,036
BO5 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,80	0,19	12,00	1,60
BO5 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,30	1,30	1,90	< 0,036
BO6 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,40	0,37	1,60	< 0,036
BO6 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,26	< 0,10	3,90	0,17	6,80	2,50
BO6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,34	< 0,10	1,60	0,48	8,50	1,50
BO6 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,51	< 0,10	2,10	0,66	4,90	< 0,036
BO7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,70	0,34	2,30	0,38
BO7 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,10	0,33	3,10	< 0,036
BO7 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,91	< 0,10	2,10	0,31	19,00	4,00
BO7 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,20	0,30	15,00	2,80
BO8 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	1,10	0,26	3,70	0,98
BO8 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,38	< 0,10	1,10	0,16	5,40	0,17
BO8 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,21	< 0,10	2,20	0,45	5,30	< 0,036
BO8 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,49	< 0,10	2,10	0,42	4,80	3,50

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Mercurio				Nichel				Piombo			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
BO1 sup	< 0,0020	0,1400	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,050	< 0,040	0,022	< 0,020	< 0,020	< 0,020
BO1 20 m	< 0,0020	0,1200	< 0,0020	< 0,0020	0,082	< 0,040	0,073	< 0,040	0,071	< 0,020	< 0,020	0,042
BO1 40 m	< 0,0020	0,0970	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,300	< 0,040	0,030	< 0,020	0,100	< 0,020
BO1 fondo	0,0021	0,0780	< 0,0020	< 0,0020	0,270	< 0,040	0,360	< 0,040	0,024	< 0,020	0,059	0,110
BO2 sup	< 0,0020	0,0690	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,230	< 0,040	0,140	0,037	< 0,020	0,350
BO2 20 m	0,0047	0,0990	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,250	< 0,040	0,027	< 0,020	0,027	0,034
BO2 40 m	0,0065	0,0930	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,150	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,032	< 0,020
BO2 fondo	< 0,0020	0,0740	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,094	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,021	0,043
BO3 sup	0,0200	0,0980	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,160	0,050	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,110
BO3 20 m	0,0063	0,0950	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,044
BO3 40 m	0,0066	0,1100	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,160
BO3 fondo	0,0047	0,1000	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,076	< 0,040	0,047	< 0,020	< 0,020	< 0,020
BO4 sup	< 0,0020	0,0640	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,030
BO4 20 m	< 0,0020	0,1100	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,078	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,082
BO4 40 m	< 0,0020	0,1400	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,057	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,041
BO4 fondo	< 0,0020	0,091	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,054	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,130
BO5 sup	0,0230	0,1100	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,140	0,570	0,050	< 0,020	0,041	0,089
BO5 20 m	0,0150	0,1500	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,074	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,035
BO5 40 m	0,0080	0,1400	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,170	< 0,040	< 0,020	< 0,020	1,300	0,027
BO5 fondo	0,0068	0,1400	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
BO6 sup	0,0028	0,0500	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
BO6 20 m	0,0057	0,0820	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,089	< 0,040	0,021	< 0,020	0,069	0,120
BO6 40 m	0,0027	0,0550	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,170	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,023	0,240
BO6 fondo	0,0026	0,0420	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,190	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,020
BO7 sup	< 0,0020	0,1100	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,065	< 0,040	0,051	< 0,020	0,022	0,038
BO7 20 m	< 0,0020	0,0600	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,070	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
BO7 40 m	< 0,0020	0,0900	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,140	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,083
BO7 fondo	< 0,0020	0,1200	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,440	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,290	0,100
BO8 sup	< 0,0020	0,0540	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,290	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,026	0,074
BO8 20 m	< 0,0020	0,0850	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,360	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,110	0,023
BO8 40 m	< 0,0020	0,0800	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,230	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,085	0,028
BO8 fondo	< 0,0020	0,0590	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,350	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,200	0,400

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Rame				Vanadio				Zinco			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
BO1 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,20	0,16	0,22	0,23	< 0,090	0,92	0,21	< 0,090
BO1 20 m	0,480	< 0,039	0,170	0,069	0,18	0,13	0,21	0,23	0,21	0,30	0,36	0,16
BO1 40 m	< 0,039	< 0,039	0,760	< 0,039	0,18	0,13	0,24	0,22	< 0,090	1,30	20,00	< 0,090
BO1 fondo	0,120	< 0,039	0,140	< 0,039	0,19	0,14	0,23	0,48	< 0,090	0,81	19,00	< 0,090
BO2 sup	< 0,039	< 0,039	0,140	0,330	0,15	0,14	0,21	0,21	< 0,090	0,46	9,90	3,20
BO2 20 m	0,520	< 0,039	0,100	< 0,039	0,17	0,12	0,21	0,20	< 0,090	0,41	19,00	1,10
BO2 40 m	< 0,039	< 0,039	0,071	< 0,039	0,18	0,16	0,22	0,20	< 0,090	< 0,090	8,40	< 0,090
BO2 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,20	0,14	0,23	0,21	< 0,090	< 0,090	1,40	< 0,090
BO3 sup	< 0,039	< 0,039	0,043	0,093	0,18	0,13	0,24	0,20	< 0,090	2,00	0,310	1,60
BO3 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,19	0,14	0,18	0,21	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090
BO3 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,260	0,20	0,16	0,21	0,23	< 0,090	< 0,090	< 0,090	3,10
BO3 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,17	0,12	0,22	0,21	< 0,090	0,64	< 0,090	< 0,090
BO4 sup	< 0,039	0,400	0,130	< 0,039	0,20	0,15	0,22	0,20	< 0,090	0,45	0,32	1,10
BO4 20 m	< 0,039	< 0,039	0,054	< 0,039	0,18	0,16	0,2	0,21	< 0,090	0,17	0,74	< 0,090
BO4 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,16	0,15	0,21	0,22	< 0,090	< 0,090	0,42	< 0,090
BO4 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,140	0,16	0,17	0,21	0,24	< 0,090	< 0,090	< 0,090	0,81
BO5 sup	< 0,039	< 0,039	0,150	0,110	0,19	0,13	0,21	0,26	< 0,090	0,30	2,50	< 0,090
BO5 20 m	< 0,039	< 0,039	0,042	< 0,039	0,19	0,14	0,22	0,22	< 0,090	< 0,090	1,40	< 0,090
BO5 40 m	< 0,039	< 0,039	0,510	< 0,039	0,19	0,12	0,24	0,21	< 0,090	< 0,090	2,90	< 0,090
BO5 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,18	0,19	0,20	0,20	23,00	0,78	1,90	< 0,090
BO6 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,17	0,13	0,19	0,24	< 0,090	0,49	1,50	< 0,090
BO6 20 m	< 0,039	< 0,039	0,130	< 0,039	0,21	0,16	0,24	0,27	< 0,090	0,77	4,30	< 0,090
BO6 40 m	< 0,039	< 0,039	0,055	0,190	0,21	0,15	0,24	0,30	< 0,090	0,67	3,30	0,81
BO6 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,17	0,12	0,21	0,22	< 0,090	0,75	2,20	< 0,090
BO7 sup	< 0,039	< 0,039	0,062	< 0,039	0,200	0,15	0,23	0,22	< 0,090	0,96	1,20	< 0,090
BO7 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,18	0,17	0,22	0,2	< 0,090	< 0,090	2,50	0,42
BO7 40 m	< 0,039	< 0,039	0,180	0,075	0,21	0,16	0,22	0,23	< 0,090	0,18	5,10	1,40
BO7 fondo	< 0,039	< 0,039	1,400	0,190	0,22	0,15	0,39	0,26	< 0,090	0,11	3,90	0,40
BO8 sup	< 0,039	0,150	< 0,039	< 0,039	0,21	0,12	0,22	0,29	< 0,090	0,16	7,20	< 0,090
BO8 20 m	< 0,039	< 0,039	0,220	< 0,039	0,2	0,14	0,23	0,19	< 0,090	< 0,090	23,00	0,71
BO8 40 m	0,170	< 0,039	0,200	< 0,039	0,17	0,14	0,23	0,23	< 0,090	0,41	6,30	< 0,090
BO8 fondo	< 0,039	< 0,039	0,220	0,450	0,20	0,14	0,26	0,22	< 0,090	< 0,090	22,00	< 0,090

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Indio				Silicio			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
BO1 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,079	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO1 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,068	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO1 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,110	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO1 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,061	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO2 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,055	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO2 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,088	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO2 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,052	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO2 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,068	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO3 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,051	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO3 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,064	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO3 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,041	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO3 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,061	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO4 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,059	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO4 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,058	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO4 40 m	0,13	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,040	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO4 fondo	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,060	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO5 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO5 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO5 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO5 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,230	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO6 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO6 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO6 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO6 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO7 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO7 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO7 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO7 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO8 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,089	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO8 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,160	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO8 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28
BO8 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,5	< 0,5	< 0,28

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 2020 a febbraio (ENI6_2020), agosto (ENI7_2020), novembre (ENI8_2020) e dicembre (ENI9_2020). Si riportano inoltre, per confronto, i dati relativi alle campagne effettuate nel corso del 2019.

3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

Dall'analisi della distribuzione verticale nel tempo si distingue il caratteristico ciclo di variazione annuale della temperatura (fig. 3.22). In particolare, il processo di rimescolamento invernale risulta evidente nella distribuzione omogenea a valori minimi su tutta la colonna d'acqua nel mese di febbraio 2020 (media $14,19 \pm 0,03^\circ\text{C}$). Per il 2020 non sono state effettuate misure nei mesi primaverili, mentre dai profili effettuati ad agosto la tipica stratificazione estiva risulta ben evidenziata dalla presenza di un gradiente verticale ben sviluppato (termoclino), con i valori massimi registrati nello strato superficiale ($T > 29^\circ\text{C}$).

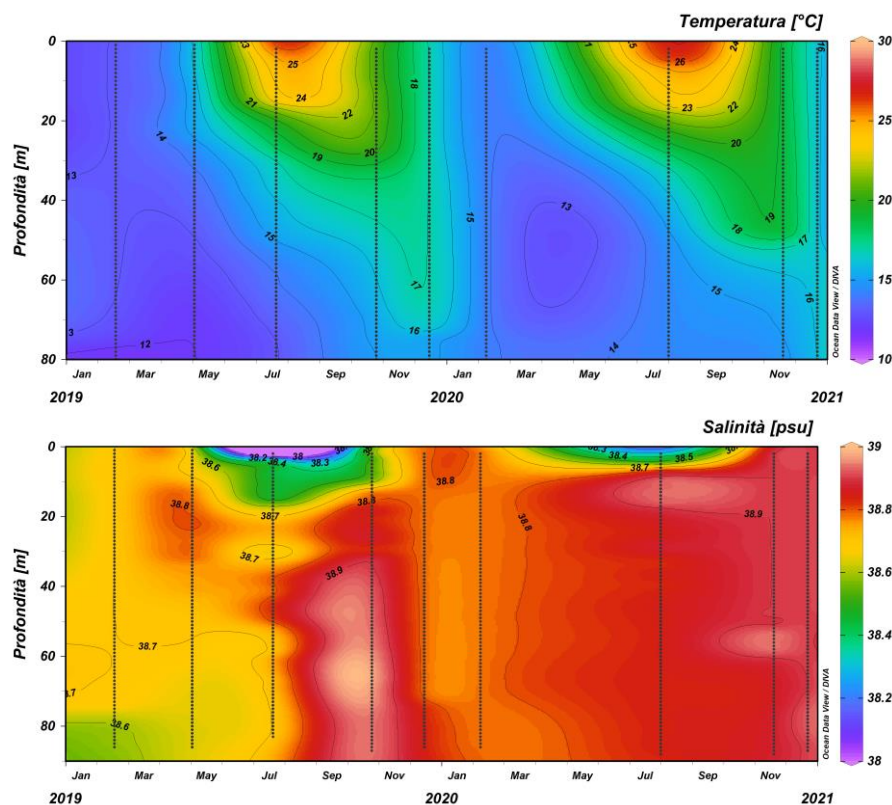


Fig. 3.22 - Andamento annuale della temperatura ($^\circ\text{C}$) e della salinità (psu) per la piattaforma Bonaccia NW da febbraio 2019 a dicembre 2020.

Dai dati di novembre è possibile apprezzare l'inizio del processo di rimescolamento che precede il ritorno alla distribuzione omogenea invernale registrata a dicembre (media $16,23 \pm 0,09^\circ\text{C}$). Tale processo di rimescolamento verticale risulta evidente anche nella distribuzione verticale di salinità (fig. 3.22), fortemente omogenea a febbraio (media $38,83 \pm 0,01^\circ\text{C}$). Ad agosto si osservano i minimi di salinità in superficie (minimo 37,98 psu) e valori medi elevati nel resto della colonna d'acqua ($38,84 \pm 0,09$ psu), superiori ai valori misurati nell'estate 2019 ($38,68 \pm 0,16$ psu). Una salinità elevata e uniforme su tutta la colonna d'acqua è presente anche a novembre ($38,90 \pm 0,03$) e dicembre ($38,91 \pm 0,01$ psu).

Dal confronto delle medie calcolate su base annua si riscontra un aumento generalizzato dei valori medi di temperatura ($>0,7^\circ\text{C}$) e di salinità ($>0,1$ psu) per il 2020 rispetto al 2019.

Per quanto concerne il materiale sospeso (fig. 3.23), nel 2020 i valori maggiori sono stati registrati alle quote di fondo nei mesi di agosto, quando è stato rilevato il massimo nella stazione BO1 ($2,3 \text{ mg l}^{-1}$), novembre e dicembre. Il mese di febbraio è stato invece caratterizzato da una distribuzione piuttosto omogenea ($0,8 \pm 0,2 \text{ mg l}^{-1}$) ad eccezione di un massimo relativo ($1,4 \text{ mg l}^{-1}$) a 20 m in corrispondenza della stazione BO5.

L'ossigeno disciolto (fig. 3.23) ha fatto registrare valori alla saturazione $>100\%$ in quasi tutta la colonna d'acqua solo ad agosto, con valori minimi registrati nello strato più profondo nella medesima campagna (minimo 88%), novembre (minimo $<83\%$) e dicembre (minimo $<84\%$).

L'attività fotosintetica, come evidenziato dall'andamento nel tempo della fluorescenza in situ (fig. 3.23), ha mostrato valori molto bassi ($<0,5 \mu\text{g l}^{-1}$) e uniformi a febbraio, novembre e dicembre e valori e variabili lungo la verticale con i massimi registrati a quote profonde ad agosto (massimo $0,8 \mu\text{g l}^{-1}$). Dal confronto con il campionamento effettuato nel 2019, per il 2020 si nota una minore variabilità stagionale nella distribuzione verticale e valori massimi generalmente più bassi.

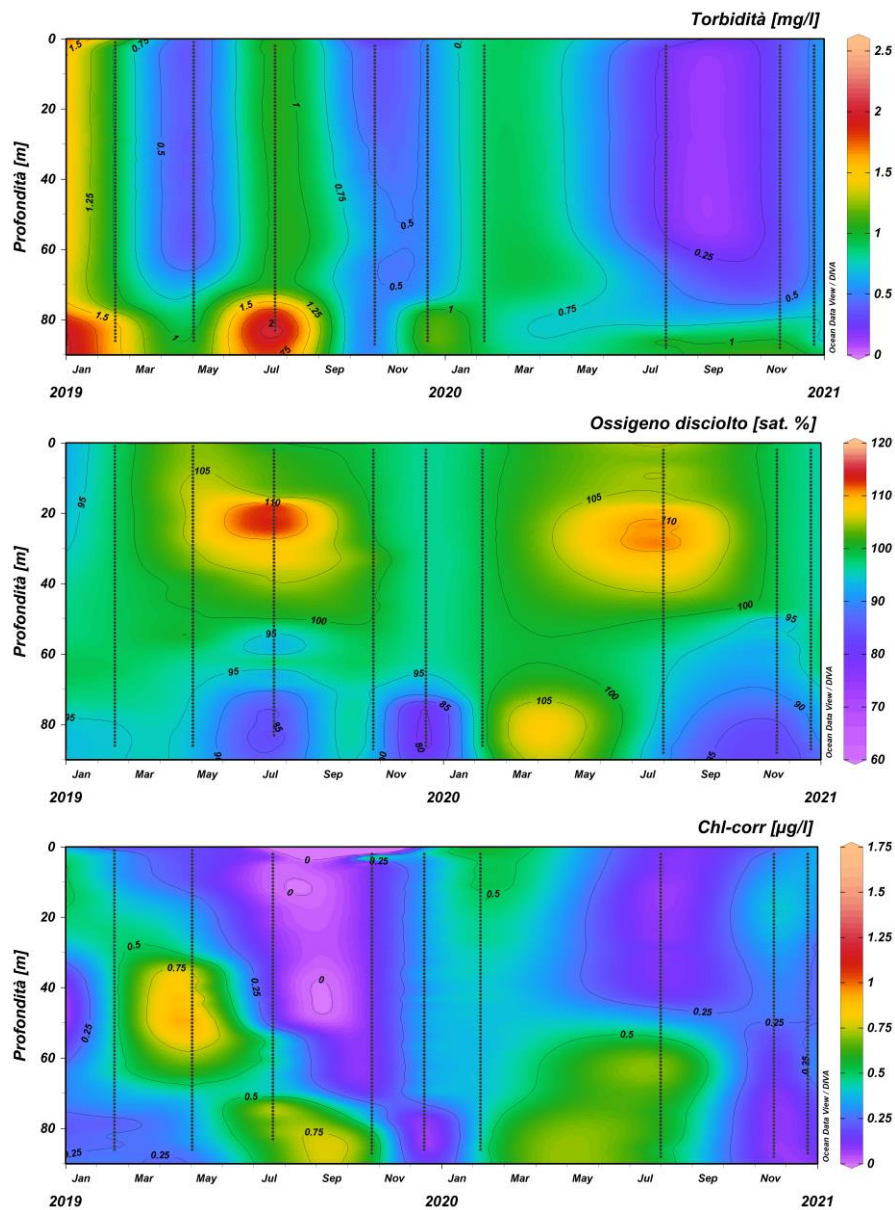


Fig. 3.23 - Andamento della torbidità (in mg l^{-1}), dell'ossigeno disciolto (in % di saturazione) e della fluorescenza in situ (espressa come $\mu\text{g l}^{-1}$ di clorofilla) per la piattaforma Bonaccia NW da febbraio 2019 a dicembre 2020.

Il massimo contenuto di clorofilla *a* ($248,5 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato in superficie nel mese di febbraio (stazione BO6), quando è stata rilevata anche la concentrazione media più elevata ($197,1 \pm 25,4 \text{ ng l}^{-1}$). Valori medi più bassi ($< 100 \text{ ng l}^{-1}$) sono stati riscontrati in agosto, mentre novembre e dicembre sono stati caratterizzati da concentrazioni medie superiori e comparabili (rispettivamente $120,5 \pm 42,5$ e $110,2 \pm 45,5 \text{ ng l}^{-1}$).

Anche la clorofilla *b* è risultata mediamente maggiore a febbraio ($21,9 \pm 3,5 \text{ ng l}^{-1}$). Come per la clorofilla *a*, il valore massimo è stato misurato a febbraio in superficie nella stazione

BO6 (29,7 ng l⁻¹).

La clorofilla *c* ha presentato un andamento paragonabile a quello osservato per la clorofilla *a*. La concentrazione media più elevata è stata misurata in febbraio e la più bassa ad agosto.

La concentrazione massima di nitriti (0,50 µM) è stata osservata al fondo presso la stazione di controllo BO5, a febbraio mese in cui è stata rilevata anche il contenuto medio maggiore (0,41±0,03 µM). Concentrazioni medie più contenute hanno caratterizzato agosto e novembre, mentre a dicembre (0,16±0,03 µM) la media risulta inferiore rispetto a quella osservata in febbraio, ma più elevata rispetto ad agosto e novembre. I mesi di novembre e dicembre sono caratterizzati dai contenuti medi maggiori di nitrati (0,53±0,83 e 0,59±0,59 µM, rispettivamente), mentre il minimo ha caratterizzato la campagna di agosto (0,22±0,36 µM). L'ammonio è invece risultato più abbondante a febbraio e ad agosto (0,10±0,08 e 0,15±0,17 µM, rispettivamente), mentre negli altri mesi campionati le concentrazioni medie sono risultate contenute e comparabili tra loro. I fosfati sono risultati contenuti e comparabili in tutti i mesi investigati. Infine, i silicati sono apparsi maggiori nel 2° semestre dell'anno (> 1,5 µM), periodo nel quale i massimi sono stati osservati al fondo (massimo assoluto di 4,85 µM a novembre sul fondo della stazione BO5). Una concentrazione media più contenuta (0,98±0,09 µM) ha caratterizzato il mese di febbraio.

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 2020, dopo un massimo ad agosto, gli **IT** e gli **IA** sono fortemente diminuiti nella colonna d'acqua. Anche il numero di campioni misurabili si è sensibilmente ridotto. I contenuti di queste due tipologie di idrocarburi sono comunque risultati in linea con quanto rilevato durante l'anno precedente, con i massimi in estate.

Durante tutto il 2020 gli **IPA** hanno mostrato valori generalmente molto bassi, molto più omogenei sia geograficamente che temporalmente di quanto registrato nel 2019 da febbraio a luglio. Da ottobre 2019 a febbraio 2020, come per gli IT e IA, si è registrata una pressoché assenza di IPA.

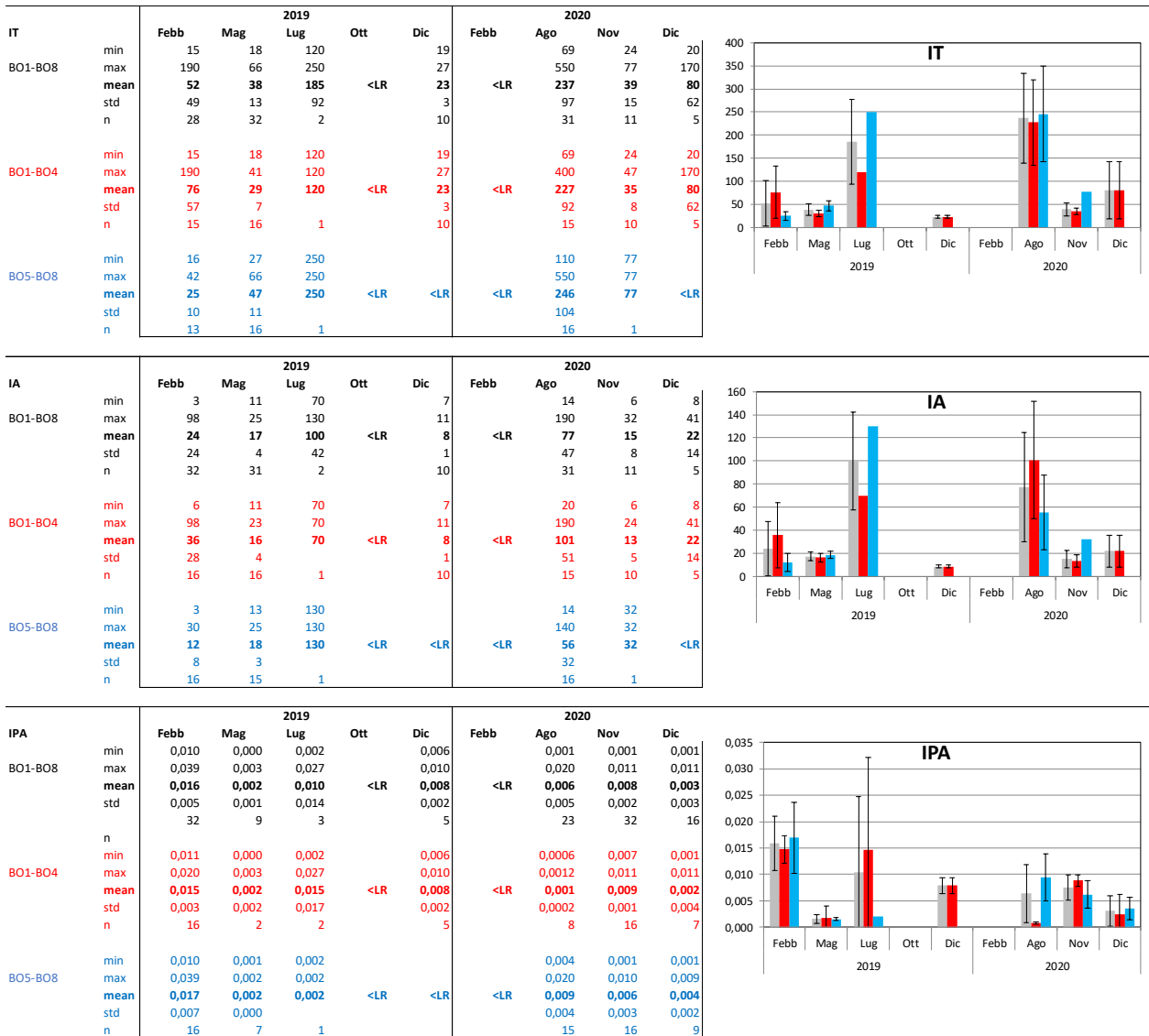


Fig. 3.24 - Andamento degli IT, IA, IPA relativo al 2019 e al 2020. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1-BO8, in nero; in grigio nel grafico), nelle stazioni 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 andamento annuale comune, ma i valori possono essere considerati bassi e la distribuzione geografica omogenea.

Il **benzene** è apparso costante da febbraio ad agosto, per poi scomparire del tutto nel resto del 2020. Nell'anno precedente le concentrazioni erano simili a quelle dell'inizio del 2020, e in entrambi gli anni il numero di campioni rilevabili è spesso risultato molto inferiore al totale di quelli prelevati.

Durante il 2020 l'**etilbenzene** ha mostrato un andamento più costante e omogeneo rispetto

al 2019; i valori sono risultati comunque in linea nei due anni, a parte il massimo del mese di luglio 2019. Le concentrazioni sono risultate basse e spesso il numero dei campioni rilevabili è risultato al di sotto del 50% dei campioni disponibili.

Discorso analogo vale per i livelli di **stirene**, più bassi e omogenei nel 2020 rispetto al 2019. Anche per lo stirene si è registrato un massimo annuale a luglio 2019, mentre un altro massimo relativo è stato rilevato a febbraio 2020.

Il **toluene** è risultato praticamente assente nel 2020 e solo parzialmente presente a maggio 2019. Solo a luglio 2019 il toluene era stato quantificato in tutti i 32 campioni.

Infine, le concentrazioni dello **xilene** non mostrano nel 2020 alcun andamento particolare (nessuna differenziazione statisticamente rilevante). Da notare però che il numero di campioni rilevabili, cioè al di sopra del LR, è aumentato nel corso dell'anno, passando da 2 a febbraio a 19 a dicembre. I contenuti maggiori di questo composto sono stati rilevati a maggio e luglio 2019.

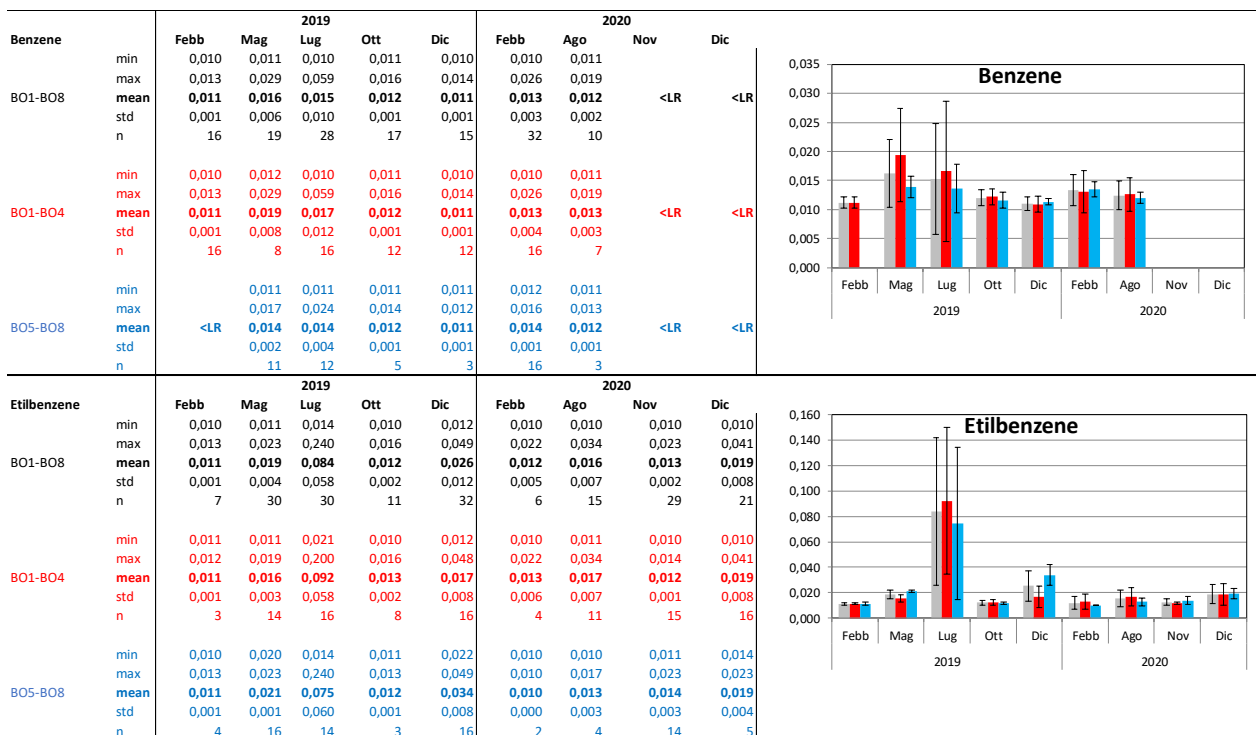


Fig. 3.25 - Andamento annuale dei **BTEX** relativo al 2019 e 2020. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui i BTEX sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1-BO8, in nero; in grigio nel grafico), 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).

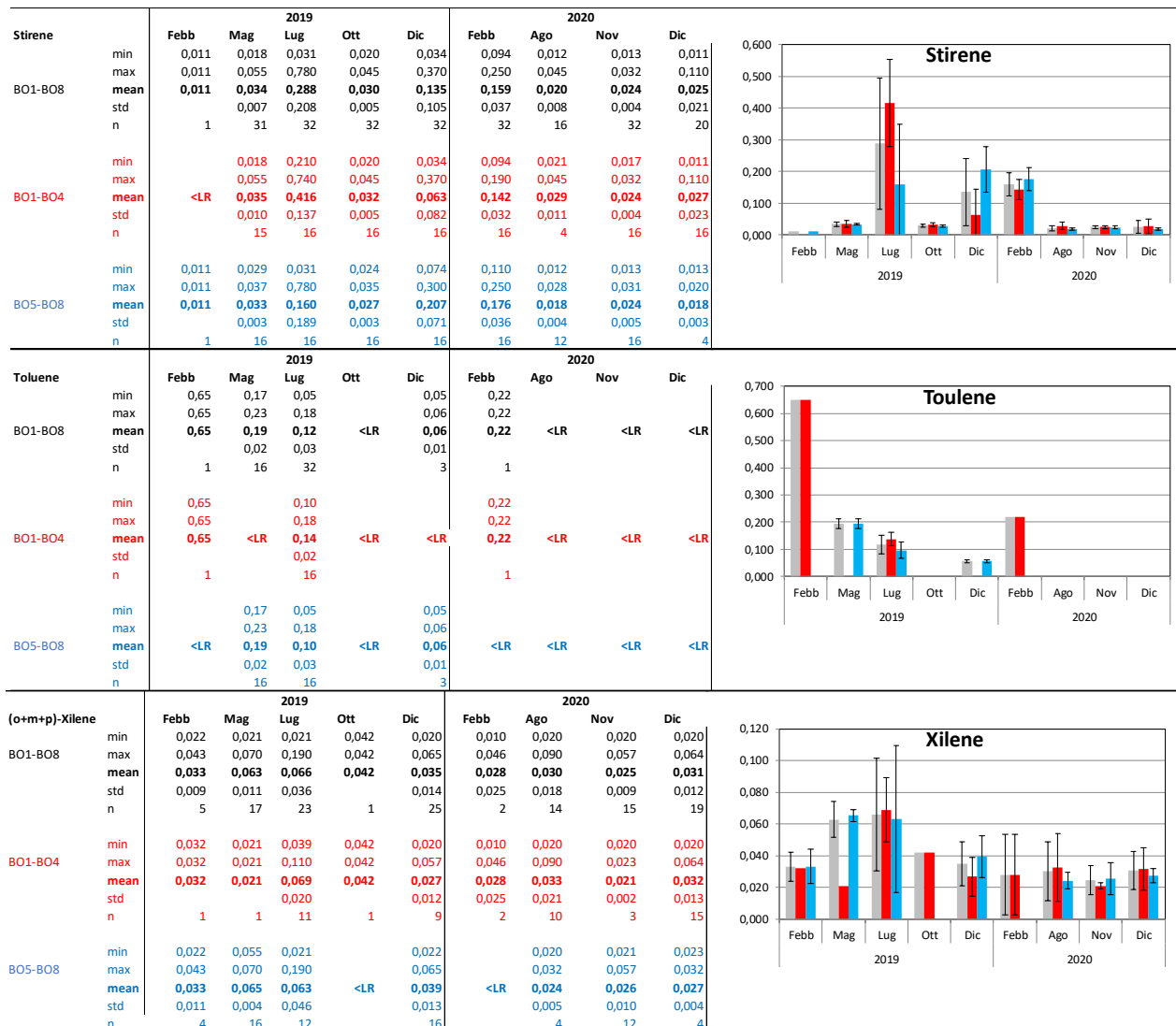


Fig. 3.25 – Continuo.

Glicole Etilenico

Il Glicole Etilenico è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale ovunque in tutti i monitoraggi effettuati nei due anni eccetto un unico caso in febbraio 2020 (BO4, superficie), probabilmente da considerarsi come spike.

Metalli pesanti

Come già specificato altrove, le differenziazioni statistiche tra i due gruppi di stazioni (BO1-BO4 e BO5-BO8) e tra i risultati delle varie campagne durante il periodo in esame non sono attendibili data la dispersione dei dati, evidenziata nei grafici dalle barre di dispersione riportati in fig. 3.26.

Quindi, in termini generali, solo in rari casi è evidenziabile una differenziazione geografica o temporale.

L'**alluminio** è passato da valori molto bassi di febbraio 2020 all'assenza di dati rilevabili ad agosto, per poi arrivare ad un apparente aumento a novembre e a dicembre quando comunque le concentrazioni sono state modeste. Anche nel 2019 il contenuto di alluminio era risultato basso; il massimo biennale si è avuto a febbraio 2019 a carico delle sole stazioni di controllo.

Concentrazioni geograficamente molto basse e omogenee hanno caratterizzato l'**arsenico** nel 2020. Durante il biennio 2019-2020 esse sono drasticamente diminuite da febbraio-maggio 2019 al luglio successivo, per poi rimanere costanti sino a fine periodo.

Il **bario**, rilevato sempre e ovunque, ha presentato lo stesso andamento dell'arsenico, con i massimi in febbraio e a maggio 2019 in netta diminuzione nel survey successivo per mantenersi poi costante nel tempo.

Il **cadmio** è risultato assente in tutto il 2020. Nel 2019 è stato quantificato solo in pochi campioni a febbraio (2), maggio (18), luglio (3) e ottobre (4).

Nel 2020 la presenza di **Cromo** è stata solo sporadica: due campioni a febbraio, 13 a novembre e uno solo a dicembre. Il biennio 2019-2020 era iniziato invece con concentrazioni rilevabili a febbraio, maggio e in parte a luglio, per poi praticamente scomparire nel resto dell'indagine.

Le concentrazioni di **ferro** sono risultate pressoché costanti durante tutto il 2020, con una lieve diminuzione ad agosto, e un aumento della dispersione a novembre e, soprattutto, a dicembre. I valori misurati sono stati in linea con quelli del 2° semestre 2019, che erano però caratterizzati da una minore dispersione. Da notare il massimo biennale a luglio 2019 e l'assenza di ferro a maggio dello stesso anno.

Per quanto riguarda il **mercurio**, nel 2020 si è registrato un valore minimo a febbraio, seguito dal massimo annuale ad agosto. Nel resto dell'anno il mercurio è risultato assente.

Nel 2019 si era registrato un aumento dei valori da febbraio a maggio. A luglio 2019 il mercurio era risultato assente, per poi ricomparire, con valori bassi, a ottobre e dicembre.

Le concentrazioni di **nichel** sono risultate basse in tutto il 2020, e al di sotto del LR ad agosto. Nel biennio 2019-2020, a parte alcuni valori un po più elevati, le concentrazioni sono rimaste basse e spesso solo pochi valori hanno superato la soglia di rilevanza.

La presenza di **piombo** nel 2020 è stata spesso al di sotto del 50% dei campioni totali, e in

agosto 2020 è risultato quantificabile in un solo campione. Anche nel 2019 il numero dei campioni rilevati è stato al di sotto del 50%. Da registrare il valore massimo del biennio, peraltro isolato, di 0,670 µg/L nell'ottobre 2019.

Per quanto riguarda il **rame**, i livelli sono stati bassi e omogenei in tutto il 2020, con pochi campioni al di sopra del LR. Un po' più elevate le concentrazioni del 2019, anche se caratterizzate da un'elevata dispersione dei dati (anche qui spesso al di sotto del 50% del totale dei campioni rilevabili).

Il **vanadio** ha presentato lo stesso andamento dell'arsenico e del bario. Il biennio era iniziato con un massimo di concentrazione a febbraio 2019, per poi diminuire leggermente a maggio e più sensibilmente a luglio. Da quel campionamento fino alla fine del 2020 i valori sono risultati bassi, costanti e distribuiti in modo estremamente omogeneo.

Per quanto riguarda lo **zinco**, a febbraio 2020 è stato rilevato solo in due campioni, uno prelevato a 100 m dalla piattaforma e uno dai controlli, quest'ultimo corrispondente al massimo assoluto. Nel resto dell'anno non è possibile evidenziare una differenziazione statisticamente valida. Nel 2019 la presenza di zinco è stata più sporadica, soprattutto nel periodo maggio-ottobre.

Per l'**indio**, a parte il massimo isolato di luglio 2019, i bassi valori registrati a dicembre 2019 su 18 campioni, e due campioni misurati a febbraio 2020, durante il biennio 2019-2020 le concentrazioni sono risultate sempre inferiori al LR.

Infine, il **silicio** nel 2020 è stato pressoché assente. Solo a febbraio è stato misurato in 19 campioni (su 32 totali), con concentrazioni in linea con quanto registrato nel 2019. In quell'anno il numero di campioni rilevati è stato pieno, a parte luglio in cui il metallo è risultato assente.

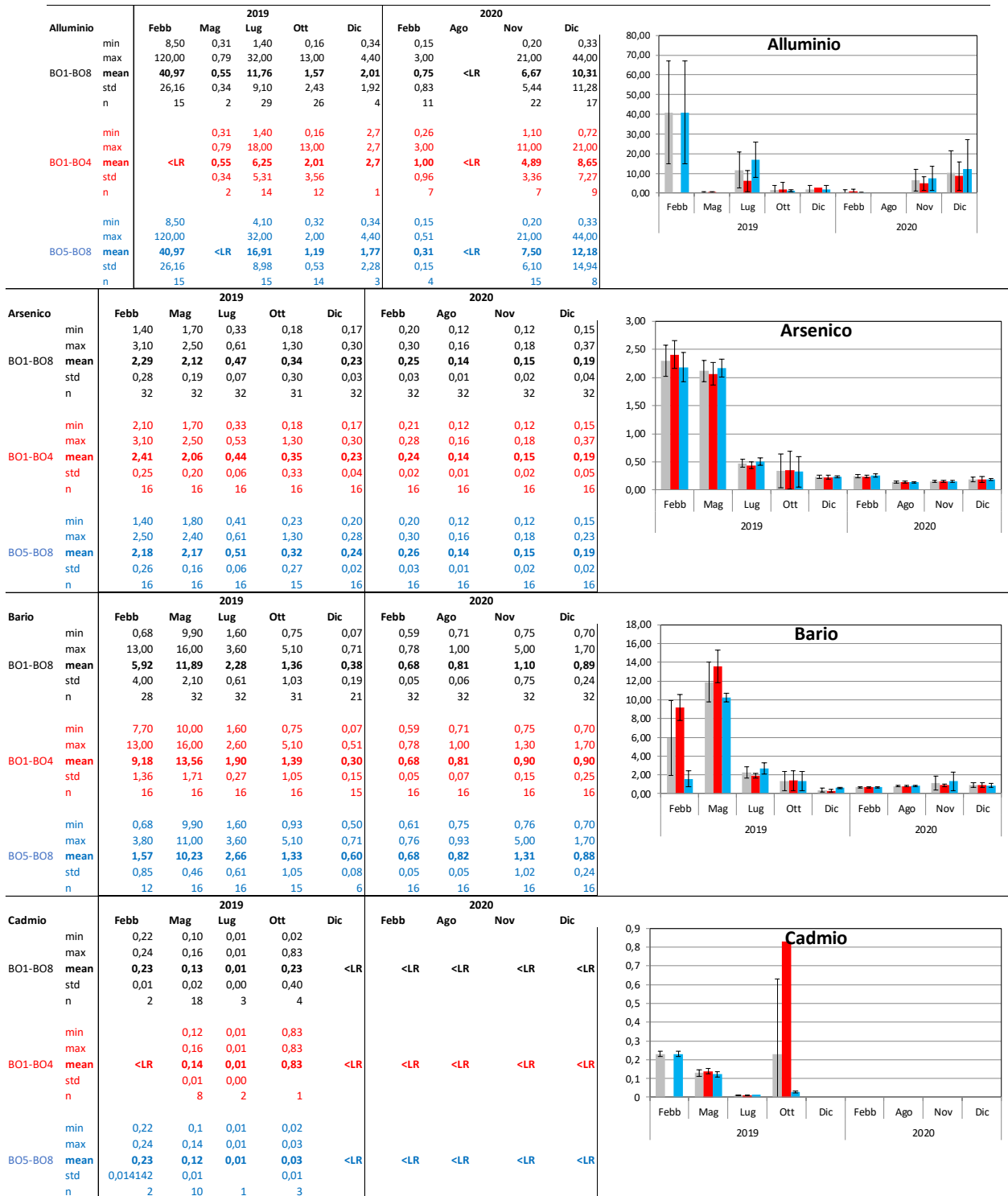


Fig. 3.26 - Andamento annuale dei **metalli pesanti** relativo al 2019 e 2020. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui i metalli pesanti sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1-BO8, in nero; 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).

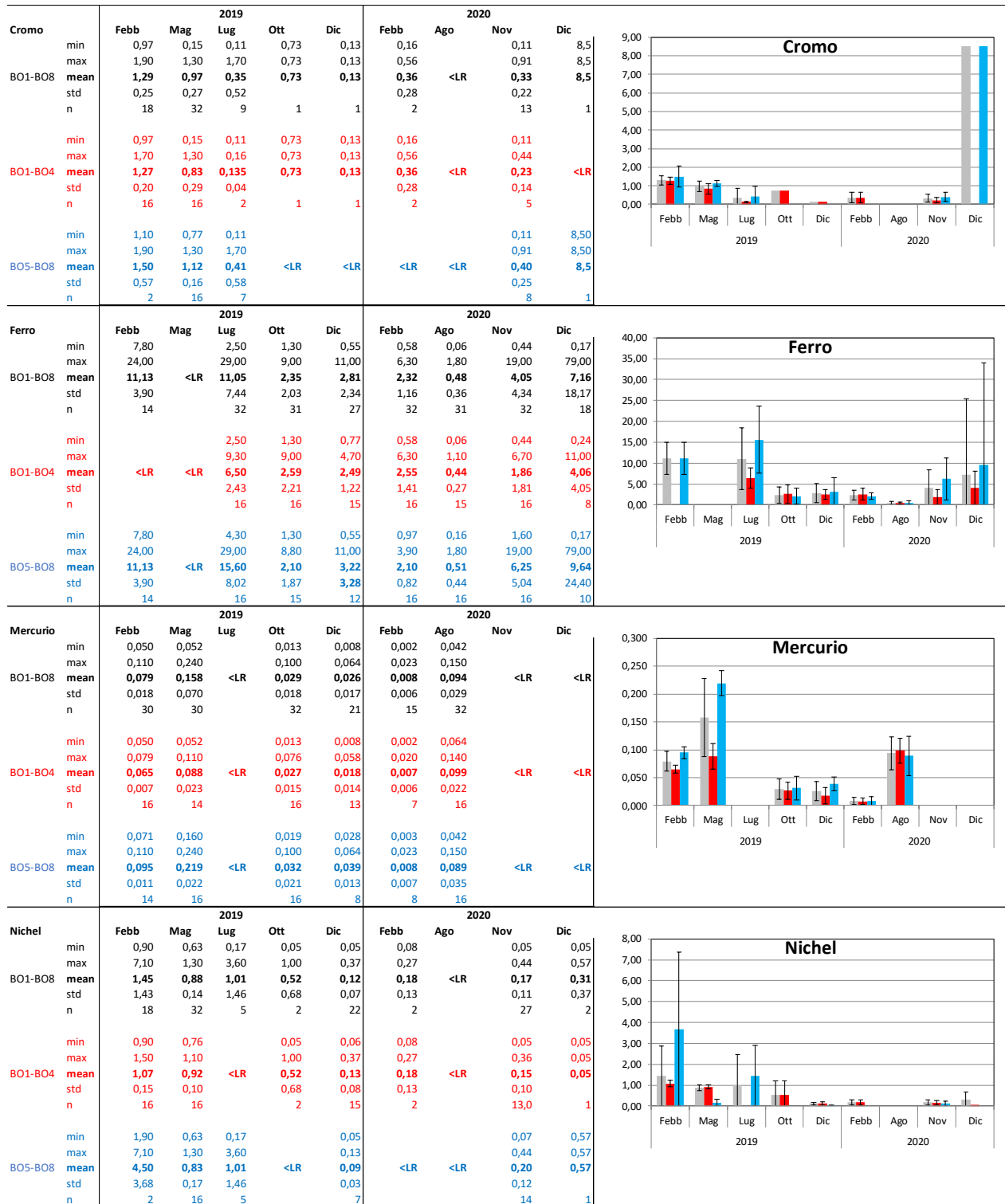


Fig. 3.26 – Continuo.

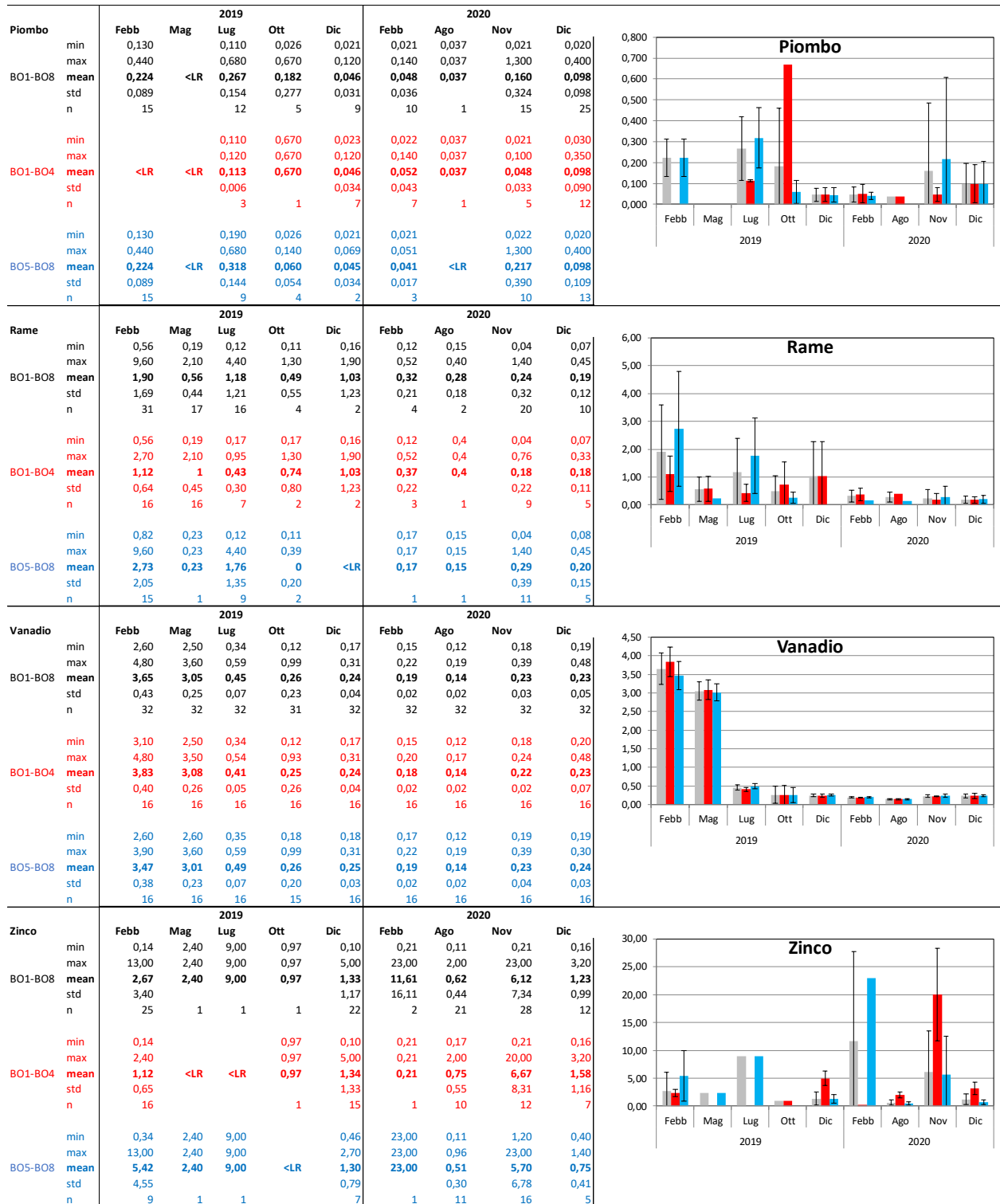


Fig. 3.26 – Continuo.

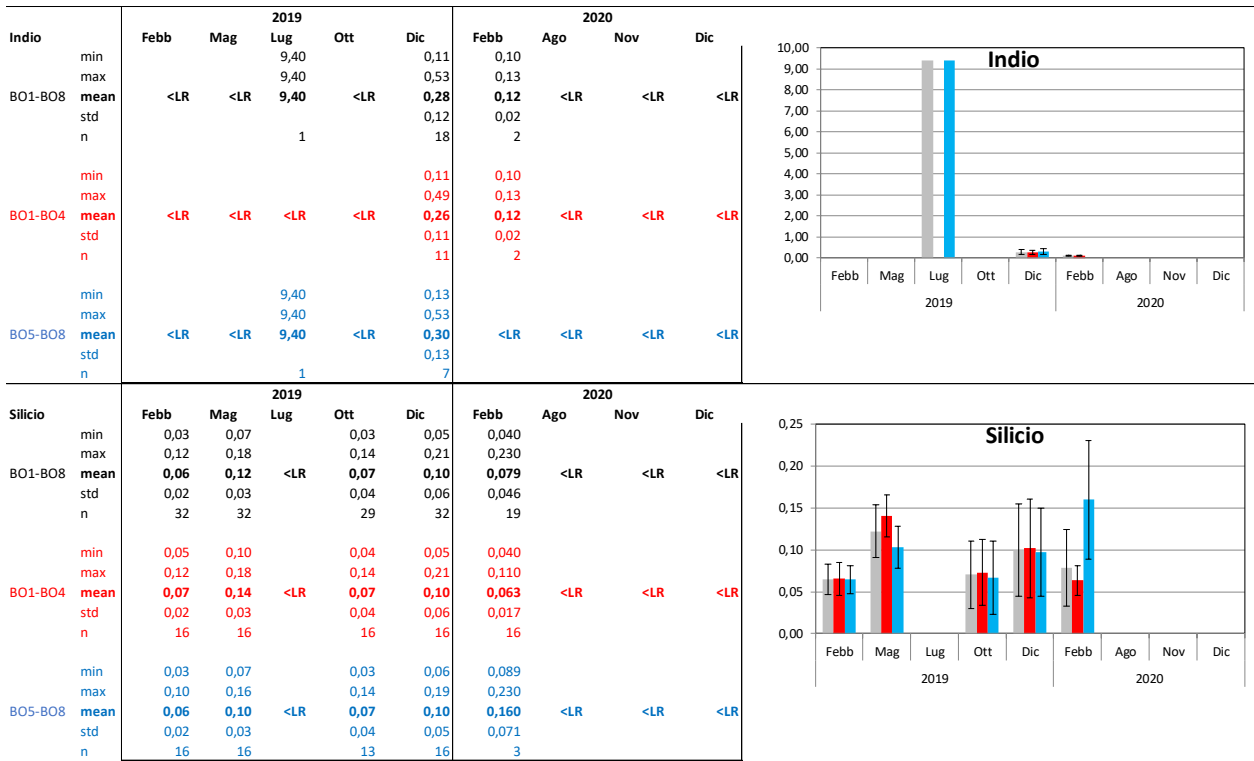


Fig. 3.26 – Continuo.

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

I grafici della pressione relativi ai due semestri 2020 (fig. 3.27) denotano il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione, non essendo presenti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. La variazione di pressione avvenuta a novembre è dovuta al recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.

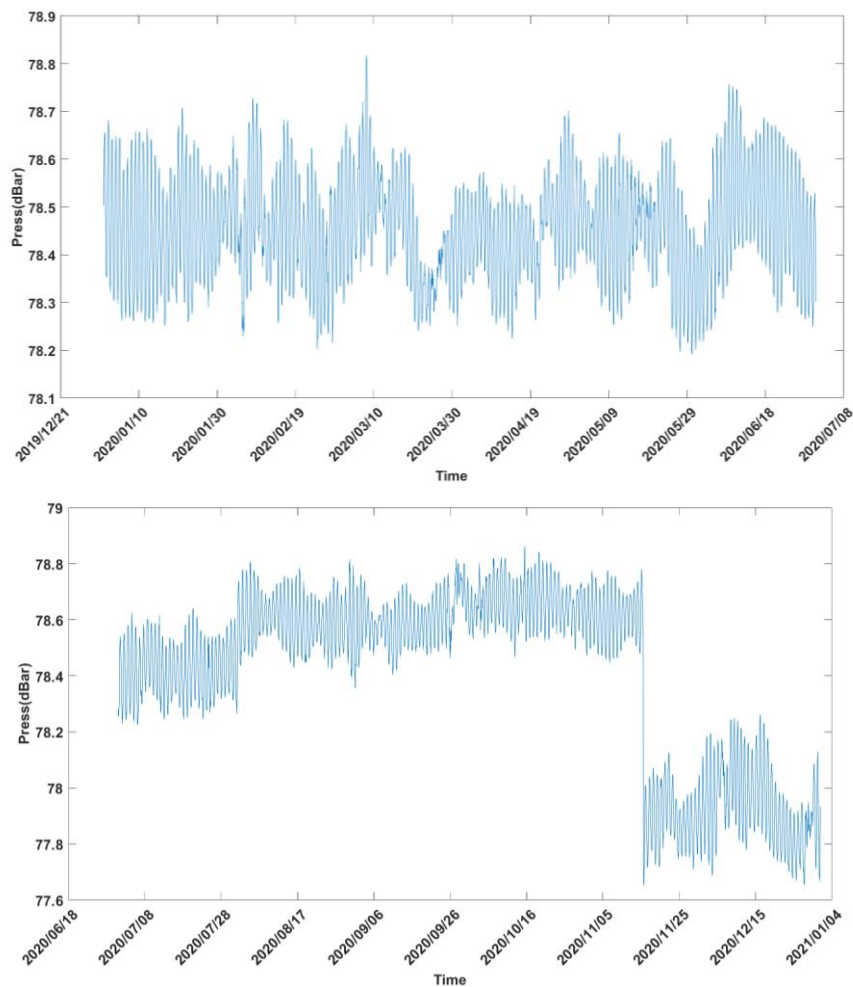


Fig. 3.27 - Pressione misurata nel 1° semestre (in alto) e nel 2° semestre 2020 (in basso) dal correntometro posizionato presso Bonaccia NW.

Per quanto concerne le misure correntometriche, in tutto l'anno la corrente è stata caratterizzata da una direzione prevalentemente settentrionale con rotazioni verso Sud-Est e Sud-Ovest. In particolare, per quanto concerne il 1° semestre (figg. 3.28 - 3.30), durante la prima metà di gennaio la direzione dominante è stata Nord-Ovest, con rotazioni verso

Nord-Est. Successivamente e fino a metà febbraio, è stata Sud-Ovest con rotazioni verso Sud-Est. Le velocità sono sempre state intorno a 0,1 m/s. Nella restante parte di febbraio la direzione della corrente è stata Nord-Ovest con rotazione verso Sud-Ovest e picchi di velocità fino a 0,3 m/s. Durante il mese di marzo la direzione prevalente è nuovamente cambiata diventando verso Sud-Ovest, con frequenti rotazioni verso Nord-Ovest. Ad aprile è oscillata tra Nord-Ovest e Nord-Est, con brevi rotazioni verso Sud e velocità intorno a 0,1 m/s. Nel mese maggio la direzione della corrente ha avuto carattere meridionale (Sud-Est, Sud-Ovest), con rare rotazioni verso Nord-Est e Nord-Ovest. Infine, a giugno la direzione è stata prevalentemente verso Nord Ovest e Nord-Est con qualche rotazione verso Sud e picchi di velocità fino a 0,4 m/s.

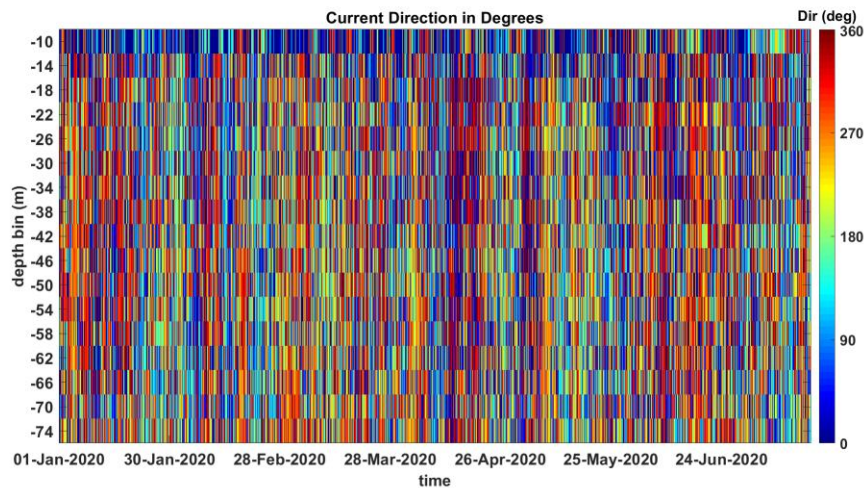


Fig. 3.28 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2020.

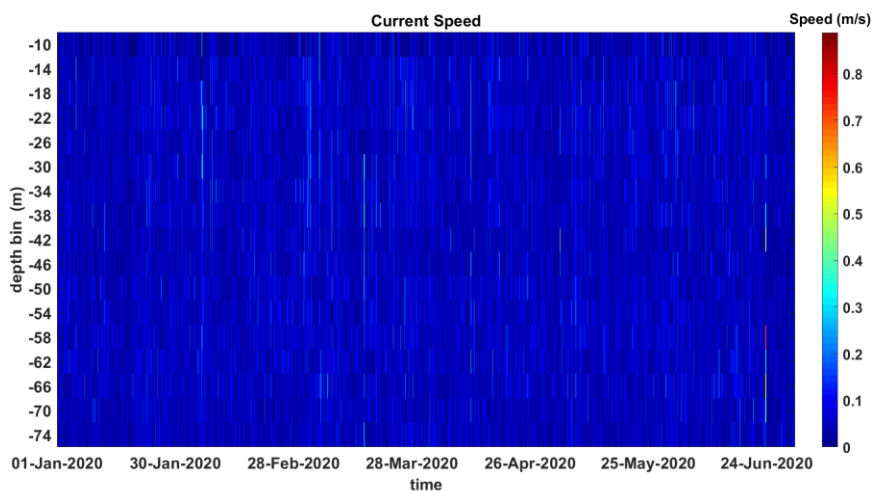
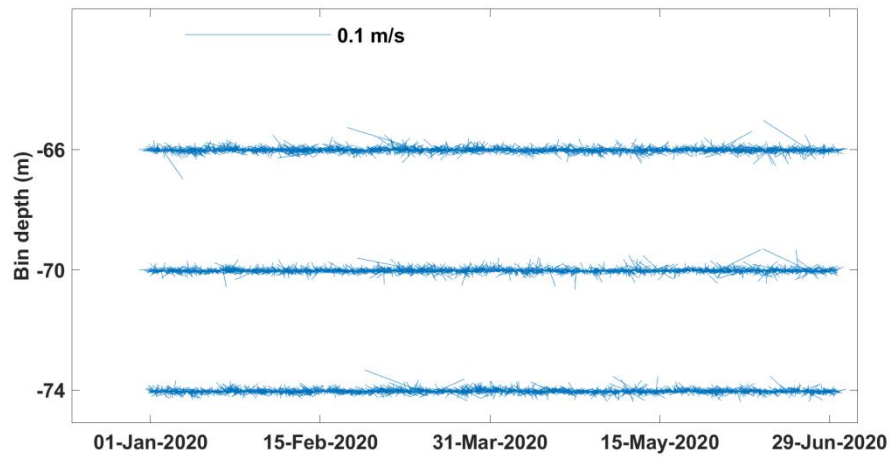
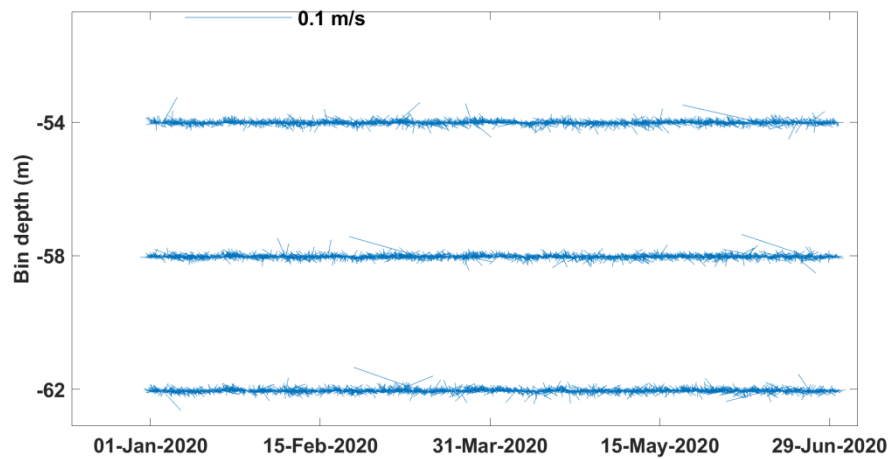


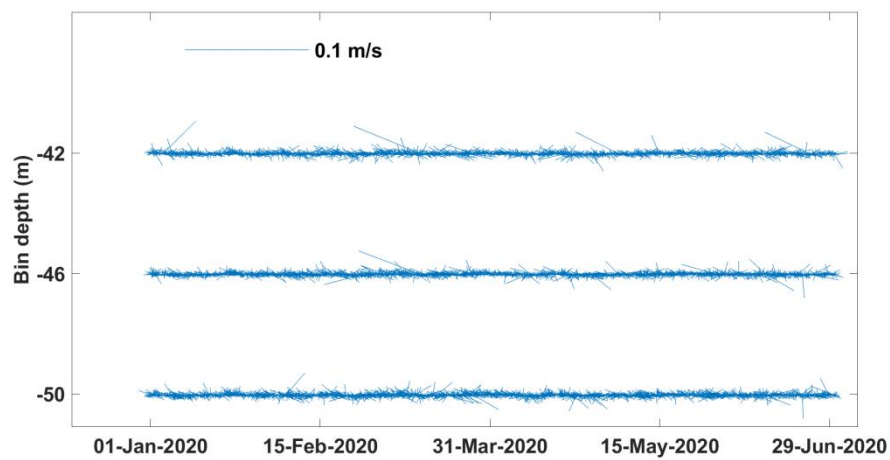
Fig. 3.29 - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2020.



Bin1(-74m) – Bin2(-70m) – Bin3(-66m)

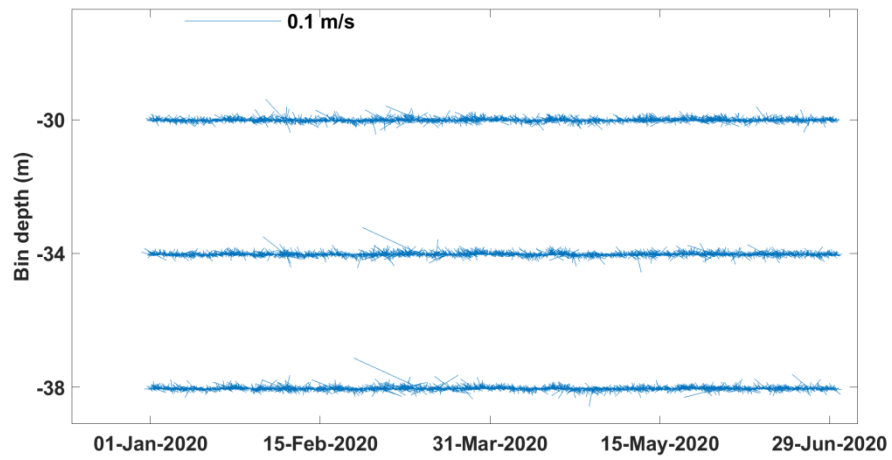


Bin4(-62m) – Bin5(-58m) – Bin6(-54m)

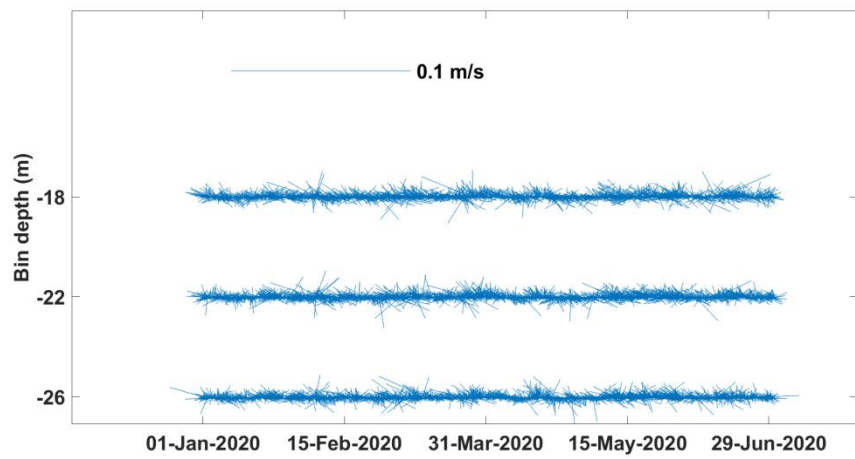


Bin7(-50m) – Bin8(-46m) – Bin9(-42m)

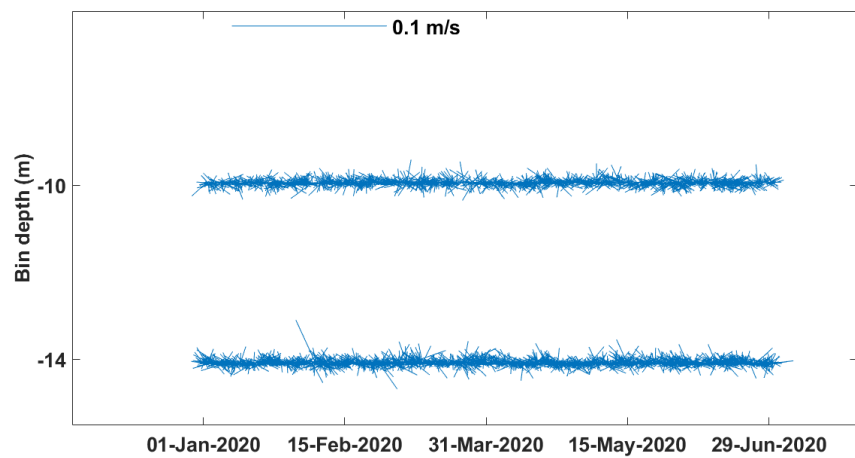
Fig. 3.30 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2020.



Bin10(-38m) – Bin11(-34m) – Bin12(-30m)



Bin13(-26m) – Bin14(-22m) – Bin15(-18m)



Bin16(-14m) – Bin17(-10m)

Fig. 3.30 – Continuo.

Relativamente al 2° semestre (figg. 3.31 - 3.33), a luglio la direzione della corrente è stata caratterizzata da un'elevata variabilità, oscillando in modo repentino essenzialmente tra Nord-Est e Nord-Ovest, con velocità inferiori a 0,1 m/s. Nel mese di agosto la direzione è stata dapprima verso Sud-Ovest con velocità fino a 0,2 m/s, successivamente si sono registrate rotazioni verso Nord-Est, Sud-Est e infine verso Nord-Ovest con velocità tra 0,1 e 0,2 m/s. A settembre la corrente ha continuato a subire rotazioni tra Nord-Est e Nord-Ovest, con picchi di velocità fino a 0,2 m/s. Durante la prima metà di ottobre la direzione prevalente è stata verso Nord-Ovest negli strati superficiali e verso Sud-Ovest in quelli profondi, sempre con velocità tra 0,1 m/s e 0,2 m/s. Nella seconda metà del mese è avvenuta una rotazione verso Nord e un aumento della velocità fino a 0,3 m/s. Nel novembre 2020 la corrente ha avuto di nuovo una direzione essenzialmente verso Nord-Ovest, mantenendo velocità fino a 0,3 m/s soprattutto negli strati profondi. Durante la prima parte di dicembre la direzione si è mantenuta tra Nord-Est e Nord-Ovest con velocità fino a 0,1 m/s, mentre nella seconda metà del mese la direzione è stata essenzialmente verso Sud-Ovest con rotazioni verso Sud- Est e velocità inferiori a 0,1 m/s.

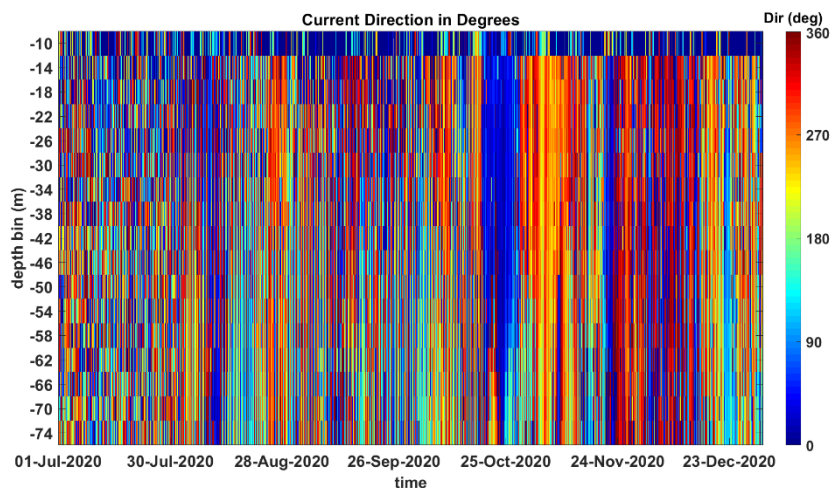


Fig. 3.31 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo luglio - dicembre 2020.

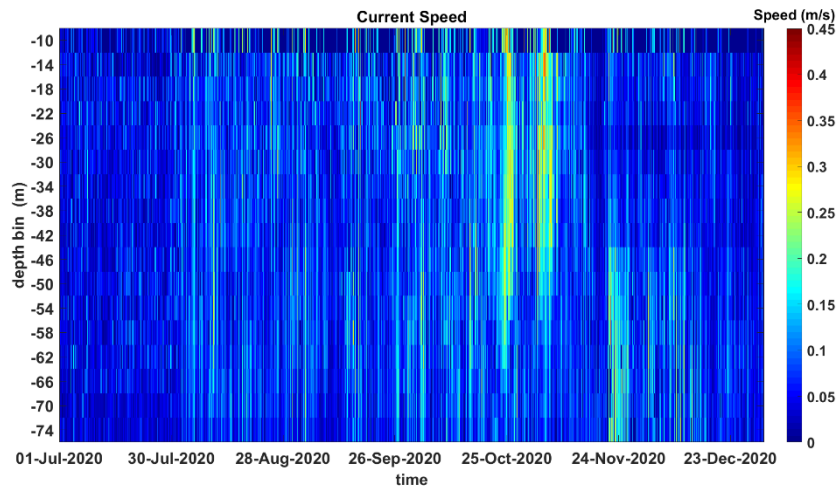


Fig. 3.32 - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo luglio - dicembre 2020.

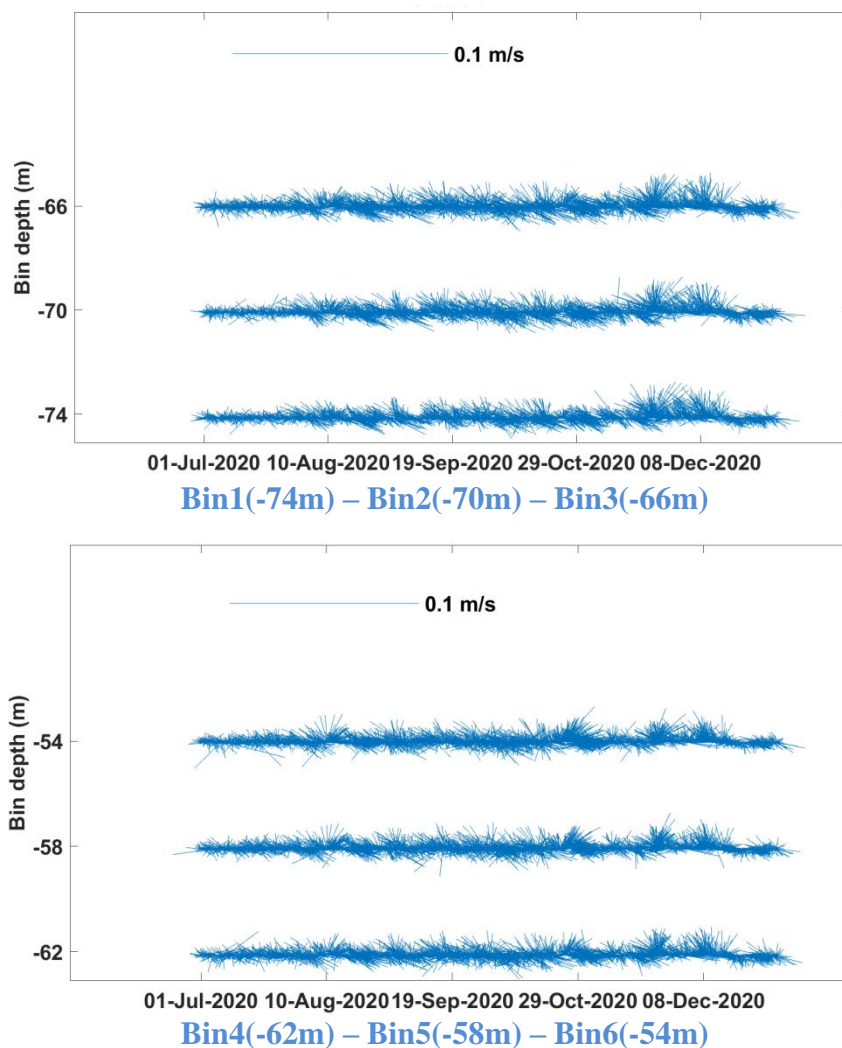


Fig. 3.33 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo luglio - dicembre 2020.

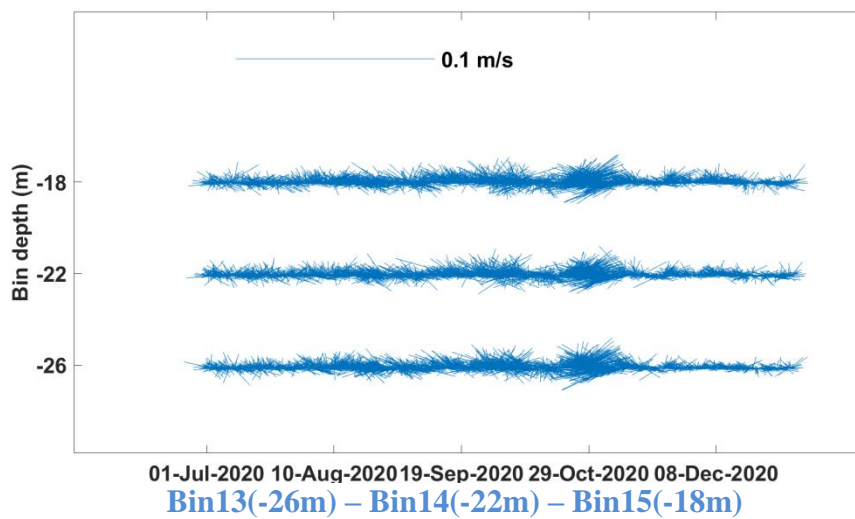
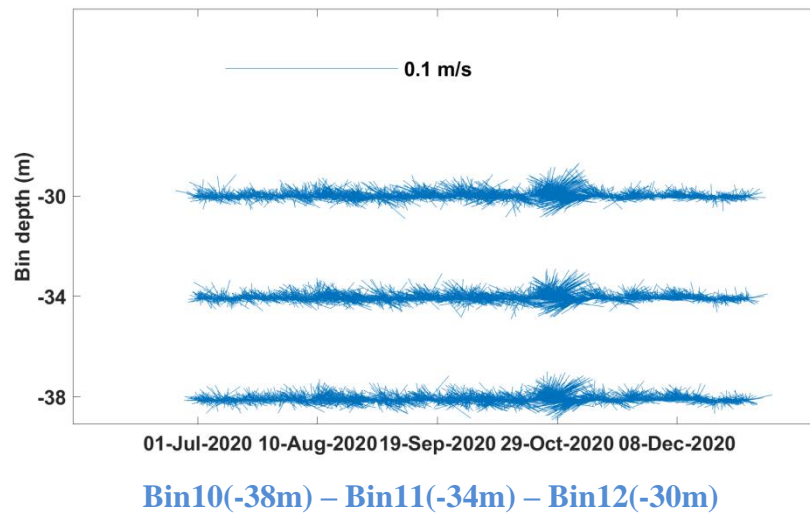
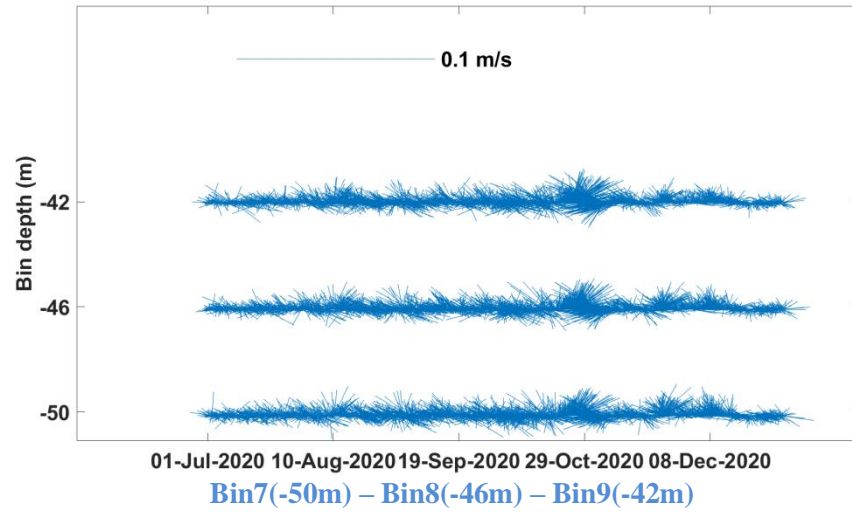


Fig. 3.33 – Continuo.

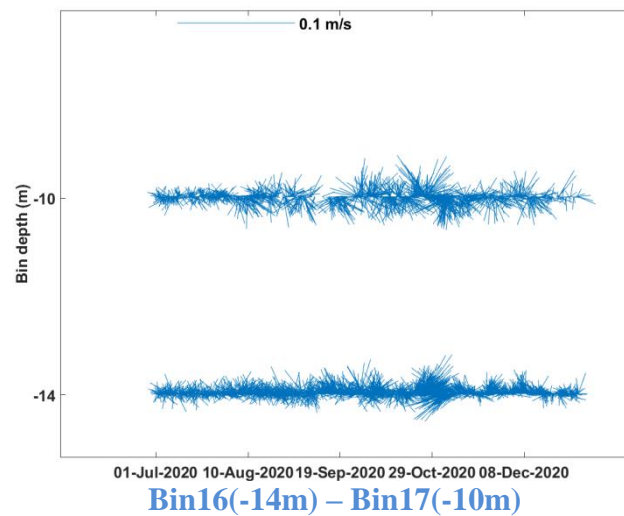


Fig. 3.33 – Continuo.

L'andamento della temperatura ha subito un decremento da circa 16°C misurati a gennaio fino a circa 13°C osservati a fine aprile (figg. 3.34 e 3.35). Successivamente, tra i mesi di maggio e settembre i valori hanno subito lievi variazioni, oscillando tra i 13°C e i 14-14,5°C. A circa metà ottobre è iniziato un incremento che, pur con alcune oscillazioni, ha portato a fine periodo a valori sino a 17°C.

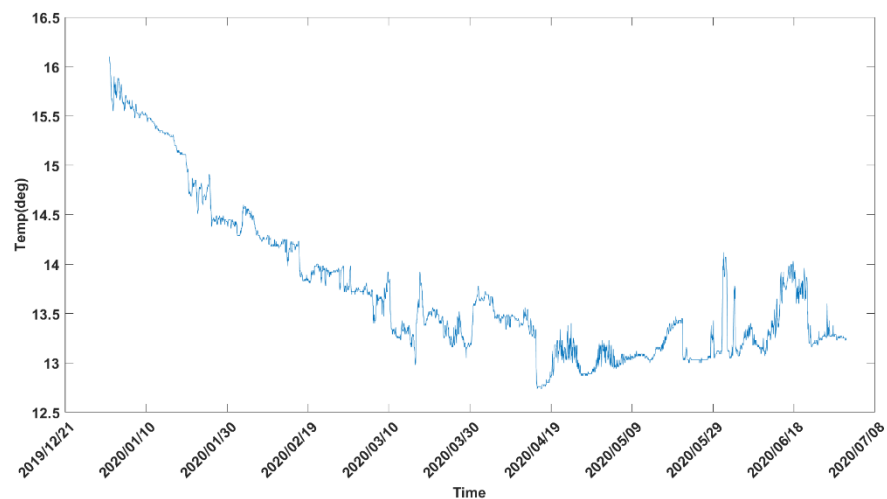


Fig. 3.34 - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - giugno 2020.

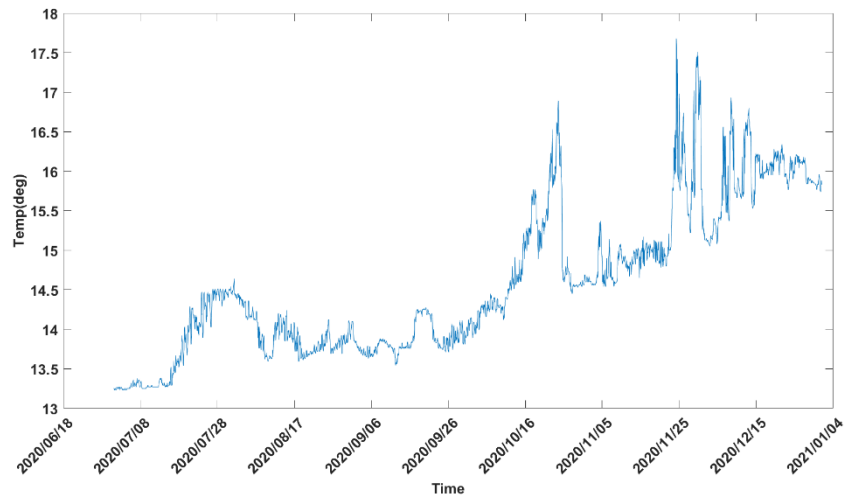


Fig. 3.35 - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo luglio – dicembre 2020.

3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Si ricorda che nell'inverno 2020 non è stato possibile effettuare le analisi di laboratorio per lo stoccaggio prolungato dei campioni nei laboratori chiusi per il lockdown nazionale che li ha resi inutilizzabili. Il campionamento è stato pertanto ripetuto nell'inverno 2021.

3.3.1. GRANULOMETRIA

Nell'estate 2020 all'analisi visiva i campioni si presentavano color nocciola con uno strato idrato superficiale variabile in spessore (fig. 3.36). Il campione BO NW aveva in superficie una cospicua presenza di organismi tipici di substrato roccioso e gusci di conchiglie.



Fig. 3.36 – Estate 2020. Campioni di sedimento prelevati dai siti BO NW, BO NE e K1 (da sinistra a destra).

L'analisi granulometrica (fig. 3.37, Tab. 3-VII) ha confermato la prevalenza di sabbia ovunque, anche presente se in alcuni casi (K4, B8, A8) con una percentuale non molto superiore a quella del silt. Mediamente, le frazioni delle tre principali frazioni granulometriche sono apparse del tutto confrontabili tra trasetti, controlli e siti posti sotto Bonaccia NW. Non si rilevano differenze apprezzabili rispetto al pre-survey.

La dominanza della sabbia era già stata segnalata prima dell'installazione della piattaforma. Il massimo era stato registrato in A6 (61,05%) e il minimo in BO NW (58,31%). La restante parte del campione era costituita in prevalenza da silt, che oscillava

tra 24,29% (BO SW) e 21,86% (A6). L'argilla, presente in percentuale minore, variava tra il 16,83% (B6) e il 17,93% (BO NW).

Le indagini condotte durante i lavori di installazione avevano confermato la predominanza della frazione sabbiosa, con un picco in BO SW (62,72%) e il minimo in A6 (58,29%) nell'area circostante la struttura, intervallo di valori in accordo con quello dei controlli. La pelite era costituita in prevalenza da silt e in misura minore da argilla. La differenza tra le due componenti era comunque modesta, limitata a pochi punti percentuale. Anche per queste frazioni non si rilevavano differenze tra piattaforma, 60 m e controlli.

Nel 1° survey post lavori (inverno 2016) rimaneva confermata la predominanza della sabbia che, eccetto in A8 dominato dal silt (sabbia: 20,8%; silt 62,21%), presentava percentuali comprese tra il 47,1% (B1) e il 70,04% (B5) lungo i transetti e tra il 44,31% (K4) e il 77,60% (K3) nei controlli. La pelite era sempre costituita in tutti i campioni in prevalenza dal silt.

Nell'estate 2016 era stata rilevata una notevole variabilità: la frazione sabbiosa, pur rimanendo dominante in tutti i campioni (tranne il controllo K4), aveva presentato un incremento lungo quasi tutto il transetto A, fino a 33 punti percentuali in A8. Lungo il transetto B, invece, questa componente si era per lo più ridotta, soprattutto in B2. La medesima variabilità era stata registrata anche nei controlli.

Anche nell'inverno 2017 era stata confermata la prevalenza della sabbia, che in A1, B5 e B6 rappresentava quasi il 70% del campione, eccetto in A8 di nuovo prevalentemente costituito da silt. Per quanto riguarda i controlli, in K1, K2 e K3 era dominante la sabbia, in K4 il silt come nel survey precedente.

Nell'estate successiva (4° post lavori) la frazione sabbiosa esibiva percentuali intorno al 60% o superiori ovunque attorno alla piattaforma eccetto ancora una volta A8, caratterizzata da un'elevata frazione pelitica (61,94%) costituita per il 38,67% da silt e per il 23,27% dall'argilla. Per quanto concerne i controlli, rispetto all'inverno degno di nota era stato l'aumento di sabbia in K4, campione comunque ancora composto prevalentemente dalla pelite.

In tutti i monitoraggi successivi è stata confermata la prevalenza di sabbia praticamente ovunque, seppure in percentuali variabili e con delle eccezioni.

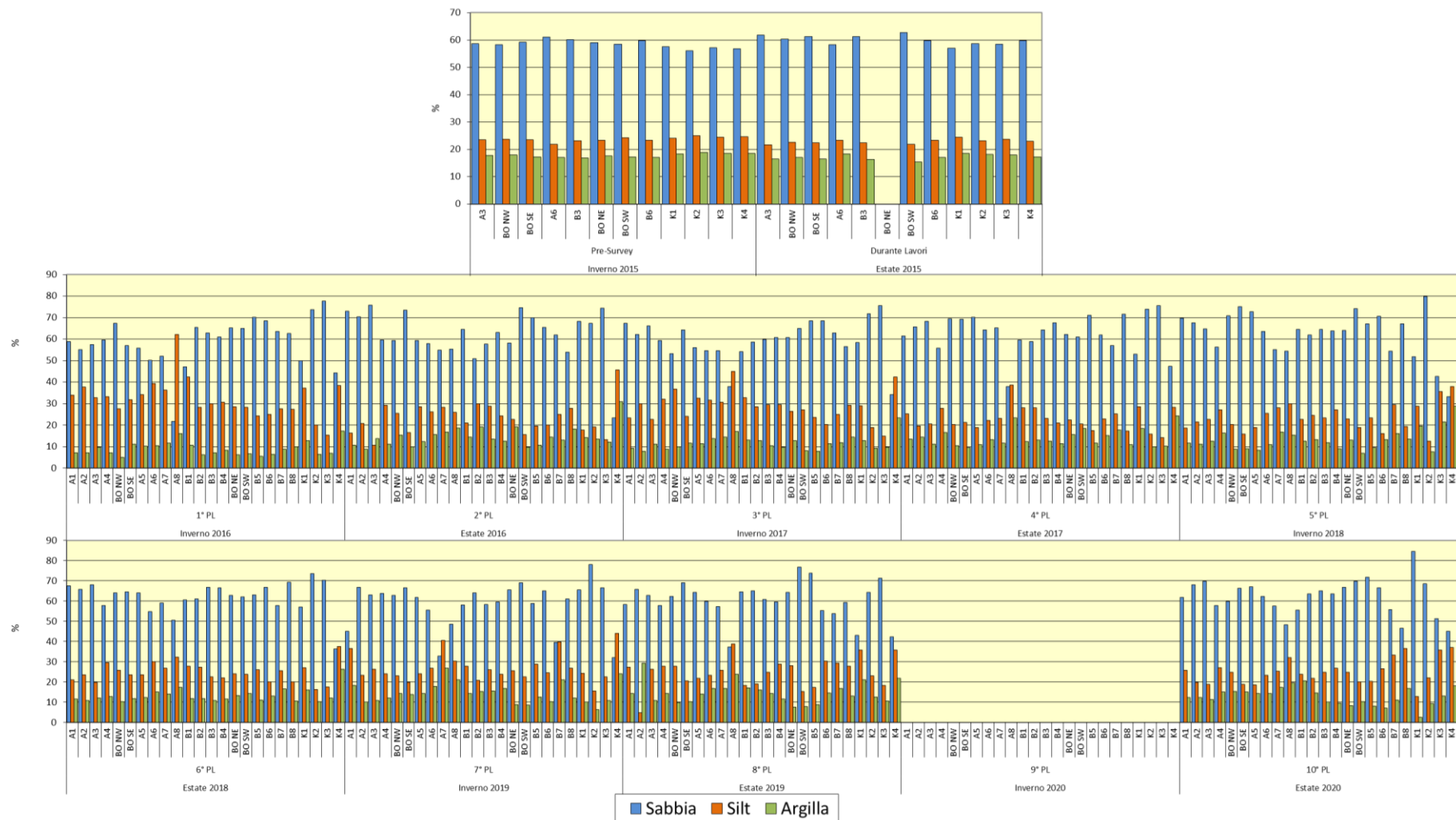


Fig. 3.37 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'intero periodo. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

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			10° Post Lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia Silt	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		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	61,9	25,9	12,2
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	68,0	19,7	12,3
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	69,9	18,7	11,4
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	57,7	27,1	15,1
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	59,7	24,8	15,4
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	66,3	18,7	15,0
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	67,0	18,6	14,3
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	62,4	23,3	14,3
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	57,6	25,2	17,2
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	48,3	32,1	19,6
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	55,6	23,9	20,5
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	63,6	21,9	14,5
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	65,1	24,9	10,0
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	63,5	26,9	9,6
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	66,7	24,9	8,3
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	69,7	20,0	10,3
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	71,7	20,2	8,1
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	66,6	26,6	6,9
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	55,7	33,2	11,1
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	46,6	36,6	16,8
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	84,5	12,9	2,6
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	68,6	22,1	9,3
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	51,2	35,7	13,1
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	45,0	37,0	18,0

3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Nell'estate 2020 alcuni composti sono stati rilevati in tutte (Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, fluorene) o quasi tutte (Benzo(k)fluorantene, Fenantrene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Naftalene, Pirene) le stazioni, altri sono stati rilevati in un numero limitato di siti (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Crisene), il Dibenzo(a,h)antracene è risultato presente solo in K4 e tutti gli altri non sono stati affatto rilevati (Tab. 3-VIII). Nessun composto ha superato l'LCB e gli IPA totali sono risultati estremamente modesti (fig. 3.38).

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 rispetto 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 riferimento.

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 al 10° 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	<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	<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	<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	<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	<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	<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	<LQ
Crisene	108	108	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,3	<LQ	<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	<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	<LQ	2	4	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	9	2	<LQ	3	<LQ	<LQ	3	
Crisene	108	108	5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3	<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	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

Tab. 3-VIII - Continuo.

	DM 173/2016	LCB/PP	10° survey post lavori (estate 2020)																								
			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		
Acenaftilene			<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		
Benzo (a) antracene	75	75	<LQ	1,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	1,1	<LQ	<LQ	1,1	1,3
Benzo (a) pirene	30	80 (30)*	<LQ	1,8	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	<LQ	<LQ	1,2	1,2	<LQ	1,3	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	1,4	<LQ	<LQ	1,3	1,7	
Benzo (b) fluorantene	40	(40)*	4,9	5,2	4,0	2,8	6,2	4,2	4,4	5,2	6,5	6,6	4,8	7,1	4,8	5,5	4,2	3,9	3,8	4,6	7,2	7,1	1,8	4,7	7,2	8,0	
Benzo (g, h,i) perilene	55	(55)*	2,8	2,9	2,3	1,6	3,7	2,4	2,6	2,9	3,7	3,9	2,7	4,0	2,8	3,2	2,4	2,4	1,9	2,9	4,2	4,2	1,1	3,0	4,3	4,7	
Benzo (k) fluorantene	20		1,6	1,9	1,4	<LQ	2,1	1,5	1,6	1,8	2,3	2,3	1,7	2,5	1,7	2,0	1,5	1,4	1,3	1,6	2,6	2,5	<1,0	1,7	2,6	2,9	
Crisene	108	108	1,0	1,5	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	1,2	<LQ	1,3	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	1,3	<LQ	<LQ	1,4	1,7	
Dibenzo (a, h) antracene		6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fenantrene	87	87	1,6	2,5	1,1	0,9	1,8	1,3	1,5	1,7	2,0	2,0	1,4	2,4	1,5	1,9	1,3	1,3	1,0	1,6	2,5	2,3	<1,0	1,4	2,4	3,0	
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	4,6	4,9	3,9	2,6	6,3	4,2	4,4	5,3	6,8	6,9	4,9	7,4	5,0	5,9	4,2	4,3	3,5	5,3	7,9	7,8	1,9	5,4	7,9	8,8	
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	(70)*	2,0	<1,0	1,6	1,2	1,7	1,2	1,6	1,9	2,0	1,7	1,7	2,1	1,7	1,7	1,6	1,1	1,3	1,2	1,6	1,2	<LQ	1,3	2,0	2,4	
Naftalene	35	35	1,7	1,6	1,4	1,2	2,0	1,2	1,6	1,7	2,1	2,0	1,7	2,4	1,7	2,0	1,5	1,4	1,3	1,5	2,4	1,8	<LQ	1,6	2,4	2,8	
Pirene	153	153	1,5	2,1	1,1	<LQ	1,5	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	1,2	2,1	1,3	1,6	1,1	1,1	<LQ	1,5	2,2	2,1	<LQ	1,2	2,1	2,6	
Totale	900	900	21,7	26,2	16,8	10,4	27,5	17,2	19,2	22,0	29,6	30,5	20,1	33,6	20,6	25,9	17,8	16,8	14,1	20,1	34,4	32,9	4,7	20,3	34,8	40,8	

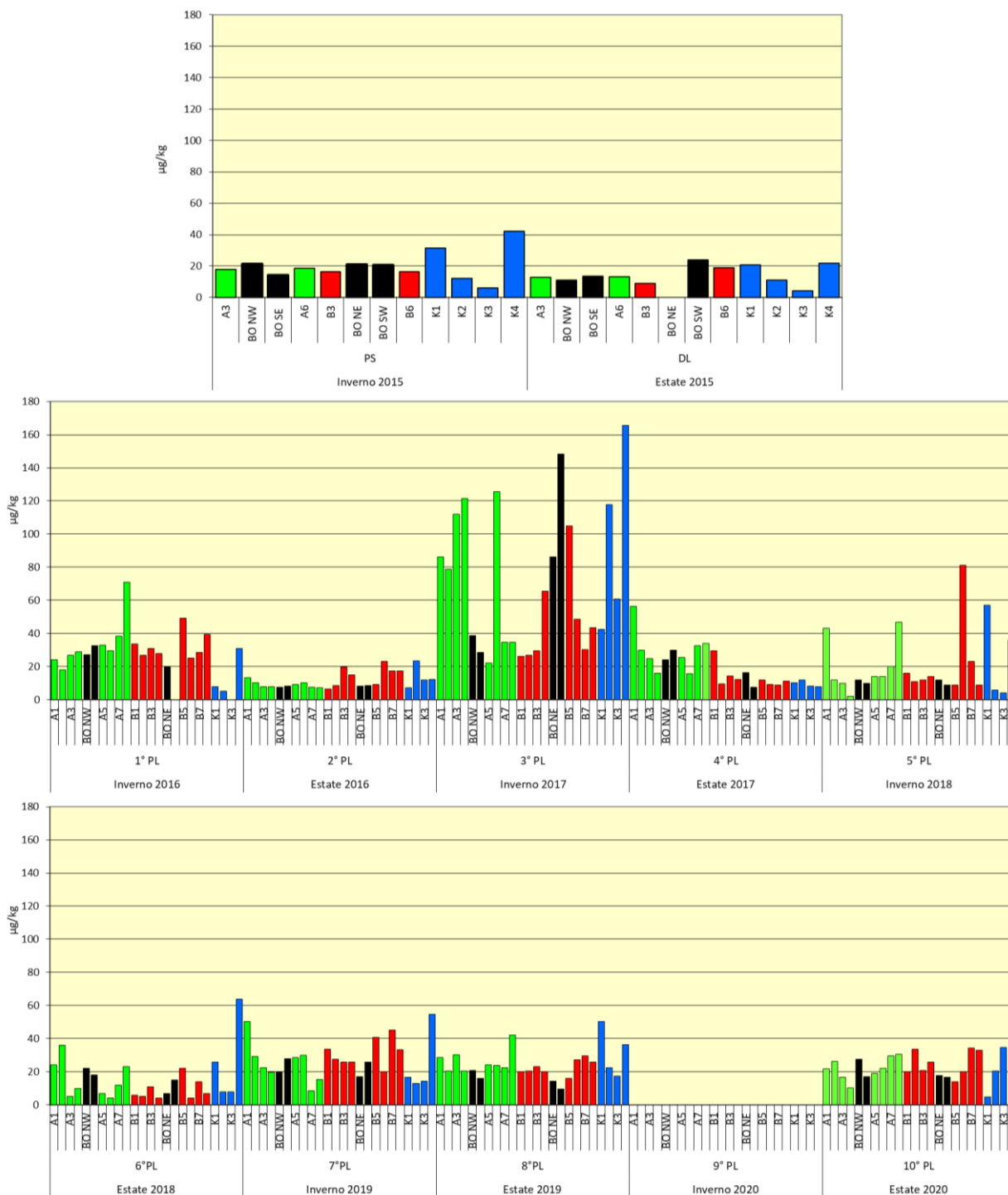


Fig. 3.38 - Idrocarburi Policiclici Aromatici totali rilevati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.3.3. IDROCARBURI TOTALI

Le concentrazioni degli idrocarburi leggeri (C<12) nell'estate 2020 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. 3.39), anche nell'estate 2020 non sono state individuate differenze degne di nota tra i tenori medi registrati lungo i transetti, presso Bonaccia NW e ai controlli (\pm dev. st.; A: 15,73 \pm 1,87; B: 16,61 \pm 1,22; BO: 20,45 \pm 5,21; K: 15,61 \pm 2,63 mg/kg).

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	10° PL
A1			<5	<5	13,7	<5	7,0	5,0	12,8	10,7	14,7
A2			<5	<5	16,0	5,7	<5	<5	12,8	10,1	14,7
A3	7,1	17,4	<5	5,4	15,4	<5	<5	<5	12,7	11,4	13,4
A4			<5	<5	13,6	6,5	<5	8,0	13,0	11,8	13,9
BO NW	<5,0	17,2	<5	6,5	12,1	6,9	<5	7,0	17,3	9,8	21,3
BO SE	24,2	18,8	<5	<5	14,7	6,6	<5	<5	14,0	11,8	27,5
A5			<5	<5	17,7	8,5	<5	<5	13,3	7,3	15,8
A6	62,9	17,3	<5	<5	14,2	16,7	<5	<5	14,0	10,3	17,1
A7			<5	<5	11,5	7,3	<5	<5	25,6	10,0	18,4
A8			<5	<5	13,3	6,3	5,0	5,0	9,2	12,3	17,8
B1			<5	<5	11,0	5,9	6,0	6,0	10,0	9,8	16,1
B2			<5	6,9	13,3	6,5	<5	<5	9,9	7,7	17,2
B3	34,9	13,3	<5	7,3	12,2	5,7	<5	<5	13,4	11,1	16,1
B4			<5	<5	9,7	<5	6,0	6,0	12,5	10,4	15,6
BO NE	74,4		<5	<5	10,2	7,3	5,0	5,0	13,7	7,4	16,7
BO SW	38,8	19,6	<5	6,6	13,8	6,0	<5	7,0	20,8	6,5	16,3
B5			<5	5,9	9,6	6,0	6,0	9,0	14,4	7,5	14,7
B6	64,1	18,3	<5	5,4	12,7	8,1	9,0	8,0	27,8	9,1	17,3
B7			<5	<5	9,1	6,0	<5	<5	16,3	5,1	17,1
B8			<5	<5	10,8	<5	<5	<5	13,3	8,1	18,6
K1	65,9	23,9	<5	<5	14,1	<5	6,0	7,0	10,4	14,0	12,1
K2	182,2	20,9	<5	7,5	10,3	<5	5,0	5,0	24,0	11,2	15,2
K3	23,6	9,86	<5	10,4	9,7	<5	<5	<5	20,2	10,5	17,0
K4	39,2	28,0	<5	5,5	10,5	5,8	<5	8,0	23,1	11,1	18,1

Questi composti hanno mostrato nell'arco dell'indagine valori sempre modesti e comunque notevolmente 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 seguito da un aumento in quella del 2020, in particolare in BO NW e BO SE. Tuttavia, i tenori raggiunti sono risultati notevolmente inferiori o comparabili a quelli del pre-survey confermando l'assenza di effetti di Bonaccia NW su questi contaminanti.

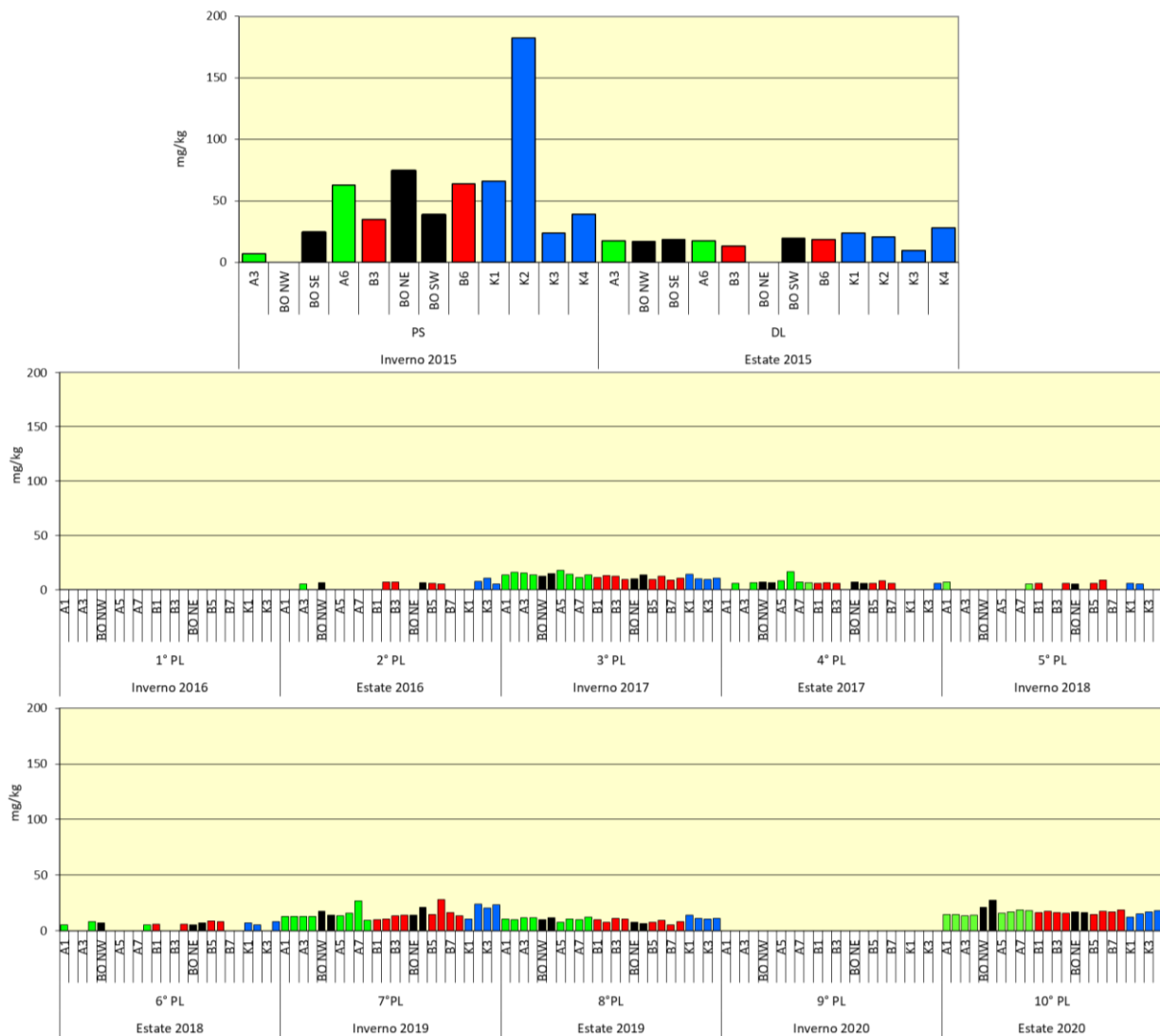


Fig. 3.39 - Idrocarburi pesanti (C>12) rilevati nell'intero periodo. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati dal pre-survey al 10° monitoraggio post lavori di installazione sono riportati in fig. 3.40 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 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 stati osservati cambiamenti degni 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 con il pre-survey. Nell'ultimo campionamento il contenuto maggiore di alluminio è stato registrato in A8 (2,22%), valore inferiore a quello rilevato nel pre-survey presso il controllo K4, e mediamente non sono state riscontrate discrepanze tra i gruppi di siti (A: $1,54 \pm 0,35$; B: $1,31 \pm 0,32$; BO: $1,22 \pm 0,16$; K: $0,89 \pm 0,36\%$). L'andamento generale consente di affermare che non ci sono anomalie a carico di questo metallo.

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 lieve, incremento. Presso la piattaforma erano stati raggiunti picchi (massimo di 34,58 mg/kg in BO SE) che rimangono ad oggi insuperati. Nei survey successivi incluso l'ultimo nell'area circostante la piattaforma il contenuto di arsenico è apparso superiore rispetto ai controlli; in particolare, nell'estate 2020 le medie sono risultate pari a $19,87 \pm 4,81$ mg/kg per il transetto A, a $20,64 \pm 2,14$ mg/kg per B, a $21,03 \pm 2,93$ mg/kg per i siti BO e a $14,46 \pm 2,78$ mg/kg per i controlli. Tutte le concentrazioni rilevate sono risultate superiori all'LCRN, anche quelle dei riferimenti, ma poiché in BO SE è stato rilevato un valore più che doppio rispetto all'LCRN, per questo sito 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 che aveva portato a 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) corrispondenti 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; 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 dove 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), corrispondente 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 rimanevano evidenti le anomalie positive in BO SE e BO NE, anche se nettamente inferiori alle precedenti essendo i tenori (170,24 e 228,66 mg/kg rispettivamente) pari a 2,5 e 3,4 volte la media dei controlli ($68,22 \pm 27,27$ mg/kg).

Nell'ultimo campionamento il picco in BO NE si è ridotto notevolmente (105,45 mg/kg), mentre in BO SE è avvenuto un ulteriore aumento che ha portato a una concentrazione di 330,8 mg/kg. Essendo questi due valori più che doppi 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, anche se inferiore a fine periodo rispetto a quanto riscontrato in precedenza.

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. Infatti, in tutto il periodo le concentrazioni sono risultate estremamente inferiori all'LCRN senza mostrare alcun segnale di alterazione. Nell'ultimo survey anche il picco rilevato in A7 (0,092 mg/kg) è irrilevante, essendo oltre 3 volte inferiore all'LCRN.

Cromo – Le concentrazioni di cromo nel tempo sono variate in modo modesto, rimanendo 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 attorno alla piattaforma 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 o confrontabili a quelle dei controlli, anche nell'ultimo monitoraggio (A: $44,55 \pm 5,76$; B: $40,55 \pm 5,35$; BO: $37,54 \pm 3,00$; K: $32,26 \pm 8,18$ mg/kg). 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 della zona. Nell'ultimo monitoraggio è stata confermata una notevole omogeneità tra transetti, piattaforma e controlli (A: $7,68 \pm 1,17$; B: $7,67 \pm 1,22$; BO: $6,97 \pm 1,16$; K: $7,73 \pm 3,63$ mg/kg). Si esclude pertanto un effetto di Bonaccia NW su questo metallo.

Ferro – Come emerso dall'indagine di pre-survey il ferro è presente nell'area di studio in concentrazioni molto modeste. Le operazioni di posa in opera non avevano comportato alterazioni: i tenori erano rimasti bassi e molto omogenei tra loro, oscillando tra 1,94% e 1,70% entro 60 m dalla struttura e risultando del tutto in linea con la media dei riferimenti ($1,73 \pm 0,31\%$).

Nelle fasi successive il contenuto di ferro è rimasto basso e sempre confrontabile o inferiore a quello 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, con 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).

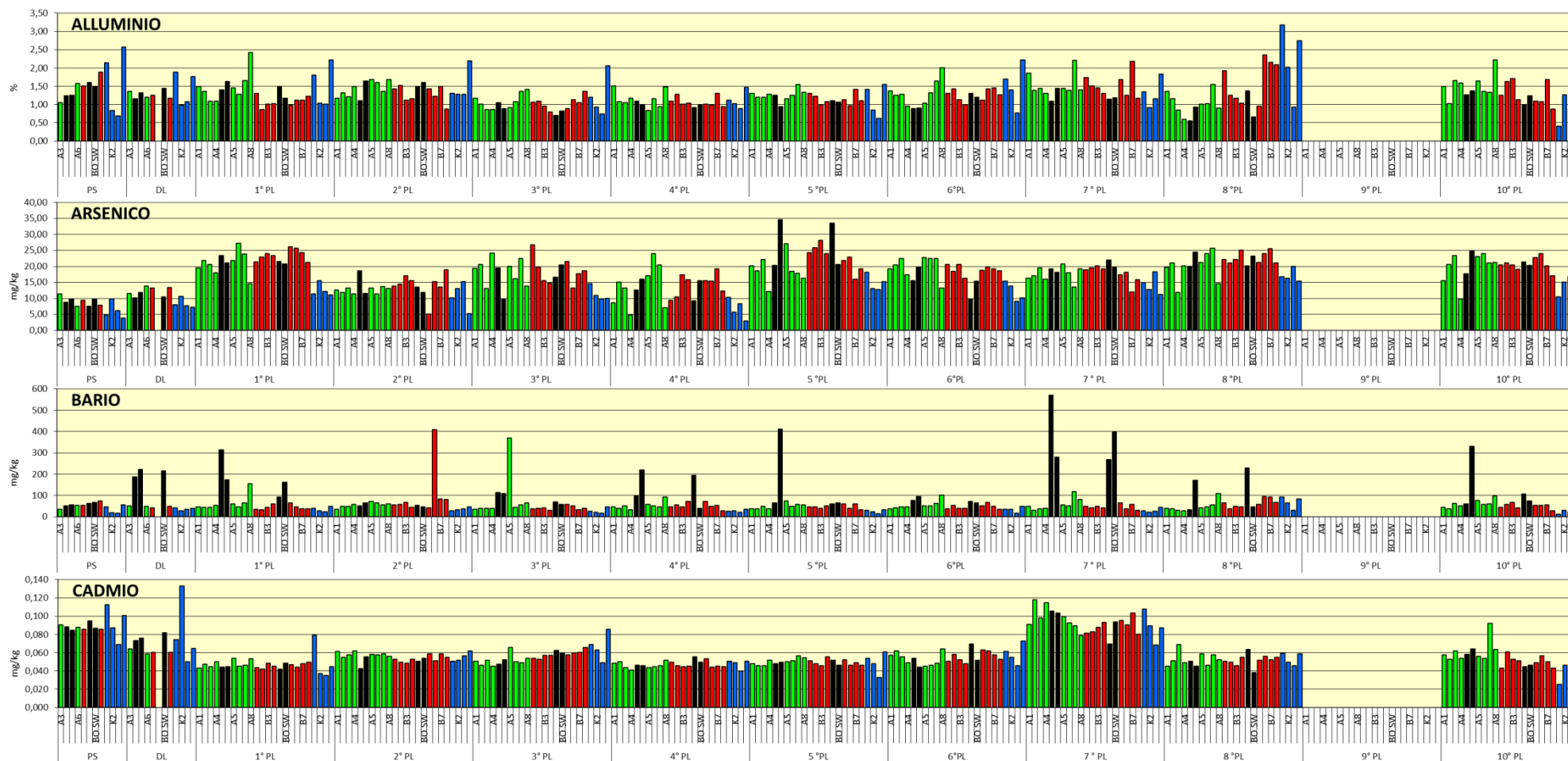


Fig. 3.40 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nell'intero periodo. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

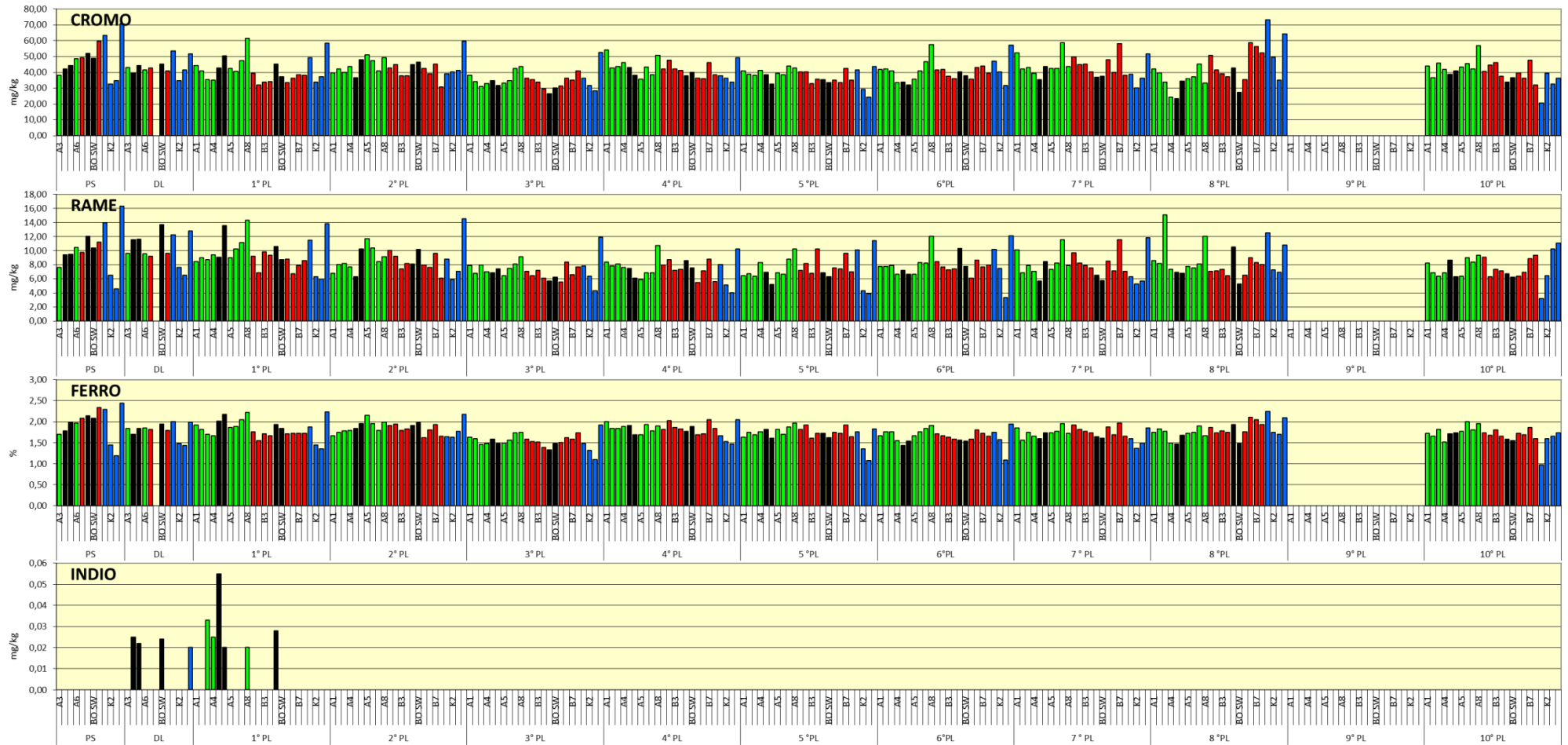


Fig. 3.40 – Continuo.

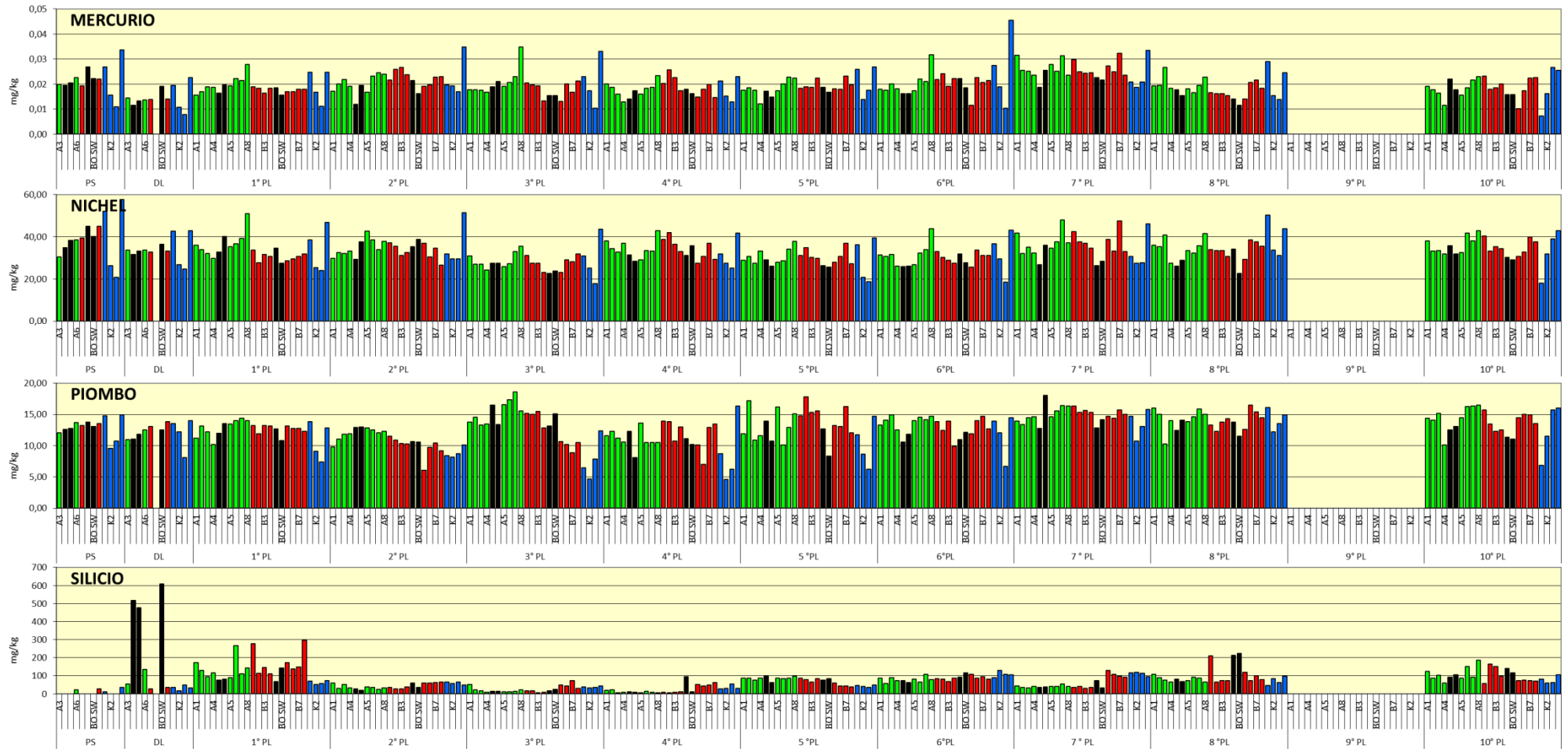


Fig. 3.40 – Continuo.

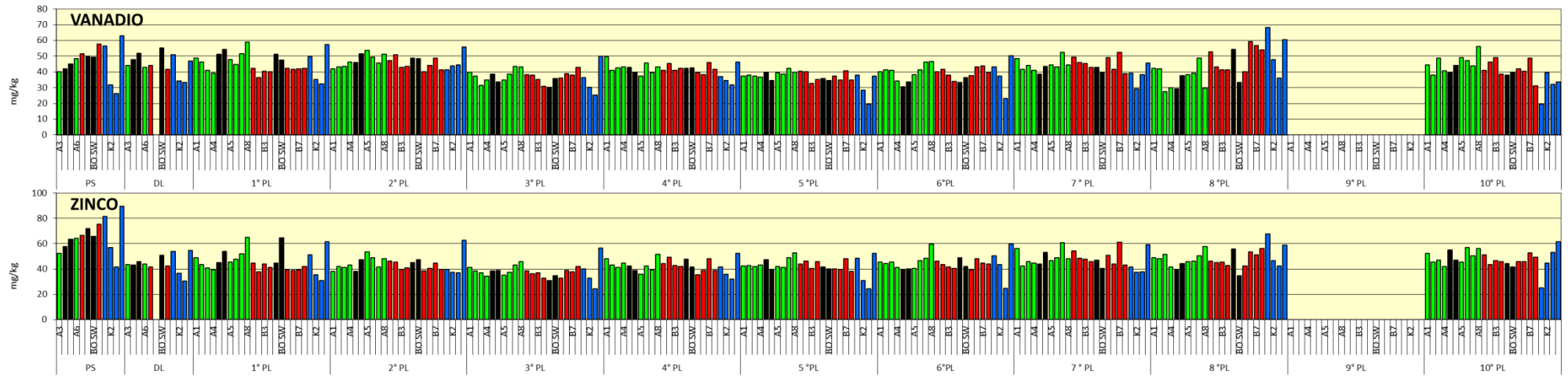


Fig. 3.40 – Continuo.

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

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	10° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL
A1			46,77	34,91	36,07	46,03	38,05	38,10	48,90	38,94	44,20			0,043	0,061	0,051	0,049	0,048	0,057	0,091	0,045	0,057
A2			44,57	48,39	39,24	38,63	38,15	41,28	31,39	37,36	36,51			0,047	0,055	0,046	0,050	0,046	0,062	0,118	0,051	0,053
A3	34,45	50,25	43,00	48,35	39,86	52,16	47,91	46,82	38,11	30,42	63,09	0,091	0,064	0,045	0,058	0,052	0,044	0,046	0,055	0,098	0,069	0,062
A4			53,89	57,92	40,51	33,68	38,07	46,62	40,62	28,65	50,72			0,050	0,062	0,045	0,041	0,052	0,049	0,115	0,049	0,054
BO NW	50,24	187,49	312,83	51,44	112,49	96,75	65,02	76,55	569,89	32,74	61,32	0,088	0,073	0,044	0,043	0,048	0,046	0,048	0,054	0,105	0,051	0,058
BO SE	54,80	221,62	172,25	63,89	109,50	220,06	410,95	94,44	279,88	170,24	330,85	0,085	0,076	0,045	0,056	0,052	0,046	0,050	0,044	0,103	0,045	0,064
A5			61,23	72,59	369,00	58,13	73,98	50,96	56,12	42,55	77,28			0,054	0,058	0,066	0,043	0,050	0,045	0,099	0,059	0,056
A6	54,31	48,74	47,59	65,24	43,58	50,49	49,90	51,78	50,69	46,13	58,67	0,088	0,059	0,045	0,058	0,050	0,045	0,051	0,047	0,093	0,046	0,054
A7			65,68	55,72	54,52	46,47	57,94	61,64	87,99	56,09	59,21			0,046	0,059	0,049	0,046	0,057	0,048	0,089	0,058	0,092
A8			155,44	60,09	63,85	91,54	54,54	101,29	81,97	109,02	97,97			0,053	0,056	0,054	0,052	0,054	0,064	0,079	0,052	0,063
B1			35,51	56,02	37,67	46,59	45,71	37,70	48,04	64,11	44,92			0,044	0,053	0,054	0,050	0,051	0,051	0,082	0,051	0,043
B2			32,47	57,51	39,24	55,68	47,48	52,39	40,93	37,92	58,84			0,042	0,050	0,053	0,046	0,048	0,058	0,083	0,050	0,061
B3	53,09	42,12	44,18	67,19	41,74	45,96	39,77	38,69	47,79	48,90	66,99	0,086	0,060	0,049	0,048	0,057	0,045	0,046	0,052	0,088	0,046	0,053
B4			60,02	45,00	29,94	72,07	50,21	38,93	41,84	47,58	42,74			0,045	0,053	0,057	0,045	0,055	0,048	0,093	0,055	0,051
BO NE	63,71		93,03	53,65	69,32	194,02	60,70	72,13	268,77	228,66	105,45	0,095		0,042	0,051	0,062	0,055	0,052	0,070	0,070	0,063	0,044
BO SW	67,05	215,68	162,38	46,99	57,80	38,51	64,22	64,64	397,86	46,14	74,29	0,087	0,082	0,049	0,054	0,059	0,049	0,046	0,052	0,094	0,038	0,046
B5			65,04	41,51	58,14	71,20	61,17	50,44	65,23	57,21	54,02			0,047	0,059	0,057	0,053	0,052	0,063	0,095	0,052	0,049
B6	75,02	47,96	46,14	407,76	51,34	49,79	39,70	66,46	37,40	94,56	53,21	0,085	0,060	0,044	0,051	0,060	0,044	0,046	0,062	0,090	0,056	0,057
B7			37,35	83,95	33,49	53,36	60,34	48,30	57,97	92,79	55,72			0,048	0,059	0,061	0,045	0,049	0,058	0,103	0,052	0,050
B8			37,54	82,14	39,04	29,05	33,69	34,10	29,90	67,56	28,65			0,050	0,055	0,066	0,045	0,046	0,053	0,080	0,055	0,043
K1	45,68	42,55	39,37	28,21	24,97	24,85	30,18	34,72	28,96	93,34	11,16	0,112	0,074	0,079	0,050	0,069	0,051	0,054	0,061	0,108	0,059	0,025
K2	18,87	28,54	27,29	33,62	21,36	26,85	22,77	35,22	20,86	65,33	30,92	0,087	0,133	0,037	0,052	0,063	0,049	0,048	0,055	0,090	0,050	0,046
K3	15,62	34,10	22,86	36,80	17,01	20,91	13,35	17,02	26,83	31,18	23,00	0,069	0,050	0,035	0,056	0,049	0,040	0,033	0,046	0,068	0,046	0,049
K4	56,04	39,40	48,04	46,08	45,99	33,90	32,47	48,59	44,16	83,01	25,77	0,101	0,065	0,045	0,062	0,085	0,051	0,061	0,073	0,087	0,059	0,045

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	10° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL
A1			44,43	39,68	38,06	53,99	41,05	41,83	52,23	42,08	44,11			8,44	6,79	7,92	8,40	6,47	7,76	10,13	8,56	8,21
A2			40,95	42,22	34,29	42,71	38,63	42,19	42,14	39,77	36,50			8,99	8,04	6,77	7,81	6,70	7,77	6,87	8,15	6,89
A3	38,27	42,95	35,54	39,97	30,99	43,56	38,30	40,84	43,07	33,77	46,00	7,62	9,60	8,74	8,19	7,96	8,10	6,41	7,91	7,88	15,11	6,40
A4			35,17	43,75	32,84	46,10	41,26	33,57	39,48	24,46	41,93			9,43	7,71	6,98	7,59	8,30	6,66	7,05	7,35	6,89
BO NW	42,18	39,75	42,77	36,71	34,72	42,97	38,33	33,74	35,26	23,42	38,74	9,43	11,57	9,10	6,29	6,86	7,47	6,91	7,22	5,66	6,90	8,68
BO SE	44,22	44,32	50,37	48,05	31,59	38,15	32,70	31,93	43,58	34,54	40,87	9,45	11,62	13,54	10,24	7,43	6,07	5,20	6,64	8,47	6,77	6,28
A5			42,47	50,99	33,18	35,56	39,35	35,55	42,53	35,92	43,49			8,98	11,71	6,45	5,88	6,83	6,67	7,32	7,77	6,39
A6	48,71	41,69	40,53	47,29	34,87	43,31	38,41	41,04	42,40	37,14	45,53	10,46	9,53	10,23	10,40	7,48	6,89	6,66	8,32	8,26	7,57	8,97
A7			47,38	40,80	42,61	38,61	44,12	46,72	44,02	45,37	42,09			11,17	8,45	8,09	6,84	8,79	8,27	8,68	8,12	8,35
A8			61,37	49,21	43,77	50,78	42,92	57,52	43,69	33,12	56,79			14,31	9,15	9,17	10,73	10,23	12,01	7,88	12,01	9,32
B1			39,33	42,65	36,41	42,26	40,38	41,64	49,85	50,76	40,73			9,18	10,04	7,10	7,96	7,23	8,46	9,73	7,06	9,05
B2			31,94	44,80	35,30	47,71	40,38	41,88	45,07	41,41	44,75			6,88	9,21	6,45	8,73	8,16	7,65	8,22	7,17	6,31
B3	49,23	42,65	33,97	37,76	33,79	42,27	33,00	37,43	45,14	39,04	46,03	9,76	9,21	9,85	7,43	7,20	7,17	6,78	7,27	7,88	7,37	7,37
B4			34,14	37,76	29,47	41,19	35,78	35,88	40,36	37,11	37,46			9,35	8,18	6,11	7,35	10,23	7,38	7,52	6,42	7,15
BO NE	51,91		45,22	44,81	26,62	37,86	35,55	40,43	37,07	42,67	33,84	12,07		10,61	8,12	5,70	8,56	6,83	10,33	6,50	10,54	6,71
BO SW	48,82	45,30	37,29	46,31	30,17	40,00	33,67	38,00	37,47	27,29	36,71	10,39	13,71	8,75	10,17	6,26	7,53	6,30	7,76	5,72	5,27	6,21
B5			33,64	42,58	31,28	36,33	35,05	35,80	48,04	35,39	39,78			8,77	7,99	5,51	5,46	7,52	6,09	8,54	6,51	6,39
B6	59,63	41,05	36,17	39,17	36,37	36,13	33,68	43,17	39,89	58,80	36,17	11,20	9,63	6,69	7,61	8,39	7,16	7,38	8,68	7,12	9,00	6,90
B7			38,32	45,25	35,17	46,24	42,46	44,12	58,27	56,35	47,54			7,87	9,64	6,59	8,83	9,62	7,69	11,58	8,34	8,86
B8			38,27	30,67	40,85	38,35	35,21	39,38	38,17	52,34	31,92			8,58	6,12	7,67	5,59	6,98	7,93	7,05	8,06	9,32
K1	63,28	53,54	49,25	39,10	36,43	37,87	41,50	47,18	38,73	73,30	20,75	13,97	12,23	11,52	8,78	7,80	8,04	10,12	10,20	6,29	12,53	3,19
K2	32,48	34,77	34,00	40,37	31,73	36,46	29,30	40,22	30,12	49,65	39,47	6,49	7,63	6,30	5,88	6,37	5,13	4,33	7,51	5,24	7,25	6,45
K3	34,79	41,69	37,22	41,32	28,23	33,91	24,33	31,57	36,18	35,14	32,57	4,60	6,52	5,95	7,06	4,30	4,04	3,90	3,32	5,68	6,90	10,22
K4	70,89	51,67	58,36	59,75	52,64	49,14	43,72	57,31	51,68	64,26	36,27	16,31	12,81	13,87	14,51	11,90	10,23	11,41	12,08	11,81	10,81	11,05

Tab. 3-X - Continuo.

	Ferro										Indio											
	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL
A1			1,93	1,66	1,63	2,01	1,63	1,66	1,85	1,74	1,72			< 0,02	< 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	1,65			< 0,02	< 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	1,82	< 0,02	< 0,02	0,03	< 0,02	< 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	1,52			0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO NW	1,78	1,70	2,01	1,85	1,59	1,91	1,82	1,44	1,60	1,46	1,71	< 0,02	0,03	0,06	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO SE	1,97	1,84	2,18	1,96	1,48	1,69	1,61	1,54	1,74	1,68	1,74	< 0,02	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	1,77			< 0,02	< 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	2,01	< 0,02	< 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	1,80			< 0,02	< 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	1,95			0,02	< 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	1,73			< 0,02	< 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	1,68			< 0,02	< 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	1,80	< 0,02	< 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	1,65			< 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO NE	2,14		1,94	1,91	1,33	1,77	1,73	1,56	1,64	1,93	1,59	< 0,02		0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BO SW	2,09	1,94	1,84	1,97	1,48	1,89	1,62	1,54	1,61	1,48	1,55	< 0,02	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	1,73			< 0,02	< 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	1,69	< 0,02	< 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	1,87			< 0,02	< 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	1,59			< 0,02	< 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	0,97	< 0,02	< 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	1,60	< 0,02	< 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	1,65	< 0,02	< 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	1,73	< 0,02	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	10° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL
A1			0,016	0,017	0,018	0,020	0,018	0,018	0,039	0,036	0,019			35,89	29,67	31,00	38,14	28,91	31,44	41,75	35,93	38,03
A2			0,017	0,020	0,018	0,019	0,019	0,018	0,042	0,037	0,018			33,83	32,56	26,93	34,33	30,79	30,73	31,96	35,33	33,35
A3	0,020	0,014	0,019	0,022	0,018	0,016	0,018	0,020	0,047	0,035	0,016	30,56	33,78	32,07	32,07	26,92	32,66	27,38	31,60	35,00	40,78	33,45
A4			0,019	0,019	0,017	0,013	0,012	0,018	0,042	0,036	0,012			29,80	33,33	24,13	36,96	33,30	26,07	32,36	27,39	31,76
BO NW	0,020	0,012	0,016	0,012	0,019	0,014	0,017	0,016	0,038	0,036	0,022	34,86	31,61	32,67	29,35	27,39	31,31	29,11	25,89	26,68	26,19	35,79
BO SE	0,021	0,013	0,020	0,019	0,021	0,017	0,015	0,016	0,031	0,024	0,018	38,32	33,25	40,06	37,69	27,42	28,43	26,17	26,05	35,95	28,90	31,84
A5			0,019	0,017	0,019	0,016	0,017	0,017	0,042	0,014	0,016			35,41	42,74	25,83	29,13	27,95	26,76	34,72	33,56	32,43
A6	0,023	0,014	0,022	0,023	0,021	0,018	0,020	0,022	0,031	0,031	0,019	38,47	33,63	36,60	38,43	27,33	33,56	28,70	32,31	37,61	32,40	41,66
A7			0,021	0,025	0,023	0,019	0,023	0,021	0,042	0,019	0,022			39,30	33,90	32,90	33,21	34,08	33,87	35,96	35,73	38,18
A8			0,028	0,024	0,035	0,023	0,022	0,032	0,042	0,036	0,023			50,87	37,83	35,54	42,84	37,78	43,93	37,17	41,58	42,80
B1			0,019	0,022	0,020	0,020	0,018	0,022	0,043	0,039	0,023			33,79	37,08	31,10	38,72	31,18	33,10	42,54	33,97	40,31
B2			0,018	0,026	0,020	0,026	0,019	0,024	0,043	0,038	0,018			27,60	35,61	27,40	41,94	34,77	30,16	37,50	33,48	33,33
B3	0,019	0,014	0,016	0,027	0,019	0,023	0,019	0,019	0,041	0,035	0,019	39,56	32,80	31,58	31,18	27,52	36,50	30,34	28,87	36,90	33,37	35,25
B4			0,018	0,024	0,013	0,017	0,022	0,022	0,018	0,032	0,020			30,68	32,47	23,05	32,96	29,79	27,45	34,67	30,73	34,45
BO NE	0,027		0,019	0,022	0,015	0,018	0,019	0,022	0,026	0,023	0,016	45,09		34,66	35,38	22,63	31,26	26,42	31,96	26,35	34,10	30,14
BO SW	0,022	0,019	0,016	0,016	0,015	0,016	0,017	0,019	0,040	0,031	0,016	40,17	36,49	27,48	38,72	23,89	35,74	25,63	27,79	28,38	22,74	28,98
B5			0,017	0,019	0,013	0,015	0,018	0,012	0,041	0,030	0,010			28,60	36,91	23,16	27,55	27,96	25,55	38,69	29,31	30,58
B6	0,022	0,014	0,017	0,020	0,020	0,018	0,018	0,023	0,043	0,036	0,017	44,92	33,33	29,54	30,43	29,10	30,76	30,60	33,68	33,22	38,48	32,80
B7			0,018	0,023	0,017	0,020	0,023	0,021	0,039	0,035	0,022			30,67	34,72	28,15	36,94	36,82	31,17	47,53	37,58	39,93
B8			0,018	0,023	0,021	0,015	0,020	0,021	0,045	0,046	0,023			31,90	26,65	31,85	29,21	27,24	31,07	33,00	35,47	37,69
K1	0,027	0,020	0,025	0,020	0,023	0,021	0,026	0,028	0,044	0,038	0,007	52,12	42,66	38,47	31,81	30,91	31,94	36,20	36,64	30,66	50,40	17,91
K2	0,016	0,011	0,017	0,019	0,017	0,015	0,014	0,019	0,044	0,033	0,016	26,35	26,75	25,46	29,51	25,20	27,51	20,85	29,52	27,37	33,74	31,82
K3	0,011	0,008	0,011	0,017	0,010	0,013	0,018	0,010	0,043	0,040	0,027	20,84	24,77	24,10	29,48	17,77	25,14	18,77	18,58	27,81	31,13	39,05
K4	0,034	0,023	0,025	0,035	0,033	0,023	0,027	0,046	0,047	0,039	0,025	57,67	42,92	46,91	51,38	43,52	41,78	39,50	43,06	46,18	43,75	42,93

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	10° PL	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	10° PL
A1			11,23	9,77	13,73	11,57	11,92	13,26	13,88	16,02	14,35			172,06	58,69	52,38	19,24	85,57	87,23	44,62	108,61	124,83
A2			13,14	11,01	14,55	12,26	17,17	14,08	13,34	14,98	14,07			130,00	29,82	23,14	22,98	87,07	57,04	34,68	89,15	86,18
A3	12,02	10,98	12,23	11,83	13,29	11,18	10,87	14,94	14,42	10,24	15,13	< 5	53,00	95,54	50,80	16,08	4,76	76,68	89,76	32,74	74,90	103,80
A4			10,19	11,93	13,47	10,59	11,58	12,56	14,61	14,00	10,13			116,39	33,37	8,26	7,72	87,40	72,58	39,53	64,65	60,00
BO NW	12,59	11,04	12,01	12,92	16,51	12,26	13,93	10,57	12,74	12,42	12,50	< 5	516,96	76,67	26,01	15,06	10,08	98,56	73,22	36,15	81,28	91,88
BO SE	12,73	11,86	13,51	12,97	13,37	8,10	10,71	11,85	18,07	14,04	13,03	< 5	476,29	80,71	20,11	12,63	7,85	63,11	62,50	38,11	67,04	106,58
A5			13,46	12,84	16,53	13,60	16,15	13,98	14,62	13,87	14,48			89,26	37,19	11,80	6,64	86,94	82,35	40,03	73,90	86,50
A6	13,72	12,55	14,00	12,48	17,30	10,53	10,09	14,53	15,55	14,63	16,22	20,95	133,97	266,14	34,44	9,91	14,67	82,60	66,23	39,83	91,40	150,06
A7			14,37	12,02	18,59	10,54	12,90	14,11	12,27	15,82	16,29			111,07	24,87	12,98	7,95	85,99	107,89	39,83	87,59	92,93
A8			13,97	12,30	15,57	10,51	15,07	14,71	16,34	14,97	16,51			142,39	32,02	23,12	6,25	97,83	79,26	39,90	65,25	185,54
B1			13,19	11,54	15,15	13,94	14,78	13,81	16,36	13,31	15,71			276,42	36,56	17,64	9,15	87,07	83,25	35,66	210,29	55,54
B2			11,90	10,88	14,98	13,82	17,81	12,41	15,30	12,31	13,49			112,35	26,92	16,17	5,22	77,93	81,44	39,49	65,84	163,53
B3	13,19	13,07	13,25	10,32	15,46	10,75	15,30	13,92	15,61	13,80	12,32	< 5	27,87	145,34	28,12	5,23	7,81	65,78	68,49	28,72	73,91	152,12
B4			13,12	10,29	12,81	13,00	15,58	9,91	15,29	14,34	12,53			110,42	36,99	7,21	10,54	83,35	86,57	36,34	72,21	97,82
BO NE	13,80		12,65	10,64	13,12	11,12	12,65	10,95	12,82	13,73	11,34	< 5		67,15	58,94	17,34	94,43	74,77	92,37	74,24	212,89	140,18
BO SW	13,07	12,54	10,81	10,60	15,09	10,17	8,34	12,10	14,14	11,49	11,05	< 5	608,78	142,72	34,92	24,38	12,21	84,93	114,88	33,78	224,53	115,40
B5			13,15	6,10	10,64	10,14	13,24	11,88	14,69	12,60	14,46			172,37	59,66	50,09	51,31	60,31	108,42	128,80	117,90	72,79
B6	13,53	13,84	12,77	9,76	10,21	7,03	13,08	13,99	14,40	16,48	15,01	26,38	35,18	136,38	60,24	42,29	42,12	42,31	87,39	109,04	74,25	74,98
B7			12,74	10,39	8,90	12,89	16,24	14,71	15,67	15,36	14,96			149,54	63,33	72,31	48,74	43,23	95,00	96,84	98,74	73,11
B8			12,26	9,19	10,47	13,48	12,05	12,67	14,99	14,43	13,53			296,54	64,48	28,76	61,26	39,03	81,09	92,32	78,72	69,11
K1	14,75	13,50	13,87	8,40	6,44	8,72	11,73	13,90	14,73	16,07	6,85	11,43	35,03	70,21	66,12	39,39	27,07	46,97	88,45	115,25	45,56	81,69
K2	9,54	12,17	9,13	8,19	4,70	4,62	8,67	12,06	10,70	12,19	11,48	< 5	17,66	51,03	55,89	31,61	29,82	41,73	129,92	117,80	84,69	59,15
K3	10,76	8,13	7,40	8,76	7,86	6,21	6,21	6,68	13,05	13,52	15,72	< 5	49,48	56,98	64,24	35,79	53,82	35,85	109,11	114,68	62,71	63,35
K4	14,94	14,02	12,85	10,15	12,37	16,33	14,67	14,48	15,77	14,91	16,04	34,41	33,46	71,76	48,97	42,12	30,04	50,04	105,39	93,92	96,15	105,08

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

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 una media confrontabile con quella dei controlli (38,99±4,83 e 39,25±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).

Durante 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). Le altre stazioni risultavano in linea con i riferimenti tranne B6 (valore 4 volte la media dei siti K).

Nel 1° post lavori tali picchi non erano stati confermati, ma complessivamente il silicio

risultava più 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'estate 2019 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 ($72,28 \pm 22,58$ mg/kg). Nell'ultimo monitoraggio i tenori nei siti BO si sono abbassati pur rimanendo per lo più superiori rispetto ai controlli e le concentrazioni maggiori sono state rilevate a 60-120 m dalla piattaforma.

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 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: $46,03 \pm 5,67$; B: $42,13 \pm 5,93$; BO: $40,27 \pm 2,67$; K: $31,17 \pm 8,43$ mg/kg). Non sono mai state rilevate anomalie positive.

Zinco – Le concentrazioni di zinco tipiche dell'area sono basse, come emerso dal pre-survey. Né 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 due siti adiacenti alla

piattaforma è stata eseguita l'estrazione sequenziale di arsenico e/o bario. Nel primo caso l'estrazione è stata effettuata in BO SE che esibiva una concentrazione doppia rispetto all'LCRN indicato nel DM 173/2016 (12 mg/kg). 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 2020 in BO SE e BO NE sono risultate più che doppie rispetto alla media del pre-survey ($49,07 \pm 18,07$ mg/kg) si è ritenuto opportuno valutarne la biodisponibilità. I risultati di questa procedura sono riportati in Tab. 3-XI. In tutti i casi esaminati per entrambi i metalli la frazione non biodisponibile ha rappresentato tra l'80 e l'88%.

Tab. 3-XI – Risultati dell'estrazione sequenziale dell'arsenico e del bario eseguita sui campioni prelevati nell'estate 2020 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	24,78	4,91	19,87	19,81	80,19
	BO NE	105,45	21,48	83,97	20,37	79,63

3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

La sostanza organica determinata nell'estate 2020 è risultata diffusamente bassa e con tenori confrontabili tra transetti, siti BO e controlli (A: 14848 ± 2466 ; B: 16644 ± 2459 ; BO: 15321 ± 1785 ; K: 116523 ± 5712 mg/kg; fig. 3.41 e Tab. 3-XII).

Prima dell'installazione i valori entro 60 m dalla futura piattaforma oscillavano in un range più ristretto (tra 7400 mg/kg in BO NW e 17400 mg/kg in A6), rispetto a quello dei 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, con tenori complessivamente 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).

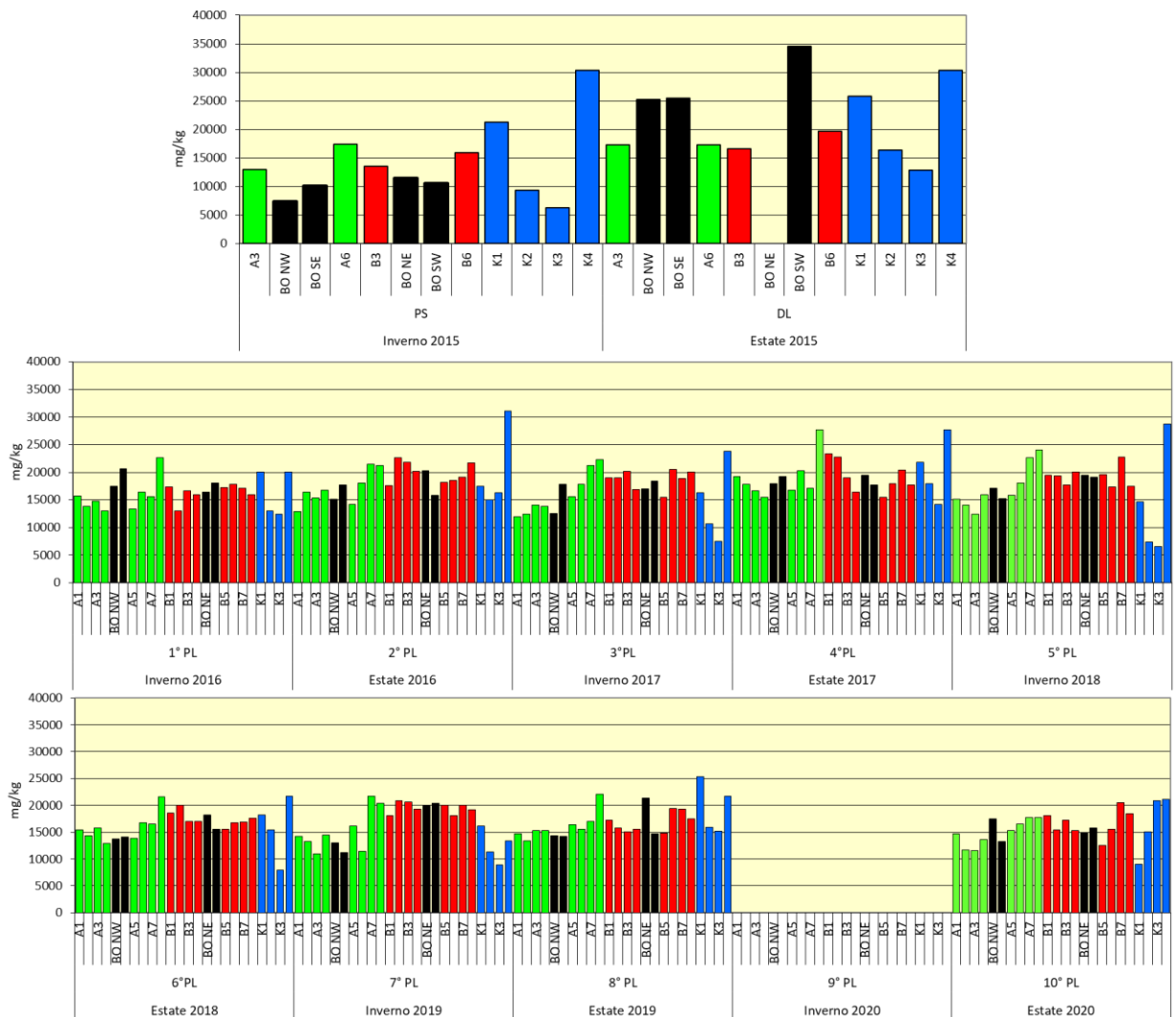


Fig. 3.41 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori 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	10° PL Est 2020
A1			15690	12934	11991	19278	15177	15408	14215	14756	14743
A2			13813	16371	12473	17824	14033	14351	13254	13345	11651
A3	13000	17300	14724	15387	14027	16607	12461	15849	11009	15351	11506
A4			13004	16732	13808	15433	15910	12949	14464	15335	13634
BO NW	7400	25200	17530	15101	12544	17942	17124	13697	13005	14324	17513
BO SE	10200	25500	20626	17662	17813	19246	15269	14061	11144	14267	13255
A5			13321	14132	15600	16773	15865	13913	16108	16411	15261
A6	17400	17300	16444	18031	17873	20259	18119	16767	11474	15583	16496
A7			15549	21485	21222	17084	22700	16575	21676	16994	17735
A8			22659	21226	22295	27749	24091	21534	20423	22081	17757
B1			17349	17632	18974	23309	19473	18551	18060	17208	18119
B2			12991	22626	18976	22759	19388	20079	20861	15833	15429
B3	13500	16600	16638	21847	20175	18995	17674	16947	20647	15118	17247
B4			15897	20213	16865	16476	20019	17041	19330	15510	15344
BO NE	11500		16382	20295	17026	19522	19508	18231	19858	21410	14768
BO SW	10600	34500	18018	15831	18374	17689	19080	15522	20382	14755	15747
B5			17229	18129	15538	15493	19600	15542	20028	14811	12519
B6	15900	19700	17858	18528	20589	17980	17411	16774	18070	19373	15499
B7			17162	19084	18897	20374	22723	16829	19985	19240	20491
B8			15933	21743	20022	17721	17459	17633	19135	17508	18509
K1	21300	25800	20063	17484	16265	21826	14683	18192	16114	25299	9044
K2	9300	16400	13022	15067	10678	17964	7374	15432	11355	15867	15079
K3	6300	12900	12434	16304	7451	14209	6538	7930	8926	15151	20832
K4	30400	30300	20034	31043	23847	27714	28750	21661	13326	21717	21137

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 B rispetto ad A, e anche i siti BO posti lungo le due direttrici del transetto B avevano presentato lo stesso andamento. Nell'estate successiva si è verificato un aumento più o meno lieve lungo quasi tutto il transetto A, in tre siti BO e in B6, oltre che nei 4 controlli. Nell'ultimo monitoraggio è avvenuto un incremento in sei stazioni lungo i transetti poste ad almeno 60 m dalla piattaforma, in BO NW e BO SW. Tuttavia, come detto a inizio capitolo, i tenori raggiunti nell'area circostante la piattaforma sono bassi e inferiori o confrontabili con quelli dei controlli, pertanto a fine periodo non vi sono anomalie da segnalare.

3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Nell pre-survey il TOC era stato rilevato solo 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 (Tab. 3-XIII e fig. 3.42).

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	10° PL Est 2020
A1			3000	3050	2500	3300	2400	3000	3930	2950	3010
A2			3200	2120	2550	2810	2400	2580	2990	2790	2590
A3	<loq	4200	540	3050	2480	2495	2500	2920	3110	3420	2440
A4			1900	4850	2220	2455	2200	2540	2720	2560	2460
BO NW	<loq	3920	3000	7710	2640	2475	2500	2730	2380	2520	3920
BO SE	<loq	3110	1400	5080	2330	2835	2300	2580	3210	2200	2710
A5			2300	6330	2940	2515	2300	2400	2970	2830	2570
A6	<loq	4080	1400	3430	3210	2995	2600	3130	3360	2830	3040
A7			1100	4120	4270	2705	3300	3690	4630	2810	3480
A8			1700	8920	2650	4305	3500	4840	3360	3890	3600
B1			2400	3130	2610	3255	2700	3520	4130	2630	3700
B2			3000	3450	3200	3215	2700	2920	3340	2700	2820
B3	<loq	3900	3100	3480	2180	2740	3300	3140	3130	2610	3090
B4			3000	3390	1900	2755	3200	2750	3270	2020	3180
BO NE	<loq		2800	1960	3190	2475	2900	3910	2310	2440	2670
BO SW	<loq	4910	790	2460	2700	2460	3000	2670	2440	1880	2870
B5			1100	8810	1920	2500	3000	2410	3400	2060	2440
B6	<loq	3970	1600	4010	3070	3050	2900	3110	2940	3070	2890
B7			2600	3080	2990	3235	3100	2900	4820	2730	3820
B8			2700	3230	4350	2410	2900	3160	3040	3020	3600
K1	<loq	4560	960	5400	2260	3525	3300	4050	2630	4600	1370
K2	<loq	3530	470	5540	1780	2767	2200	3200	2280	2440	2730
K3	<loq	2350	1500	6270	1940	2045	1700	1340	2370	2250	4080
K4	1900	5330	2200	3740	3290	3560	3300	4550	4860	3270	4000

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. Tali anomalie non sono più state confermate nei survey successivi, durante i quali i tenori hanno mostrato oscillazioni del tutto compatibili con una fluttuazione naturale.

Nell'estate 2020 si osservano comportamenti disomogenei sia lungo i transetti, sia nei controlli. Nell'area circostante la piattaforma l'incremento più consistente rispetto all'estate 2019 è avvenuto in BO NW, ma esso risulta comunque inferiore a quello registrato in K3. I valori medi tra transetti, controlli e siti intorno a Bonaccia NW risultano

tutti in linea tra loro (A: 2899±458; B: 3193±482; BO: 3043±591; K: 3045±1276 mg/kg).

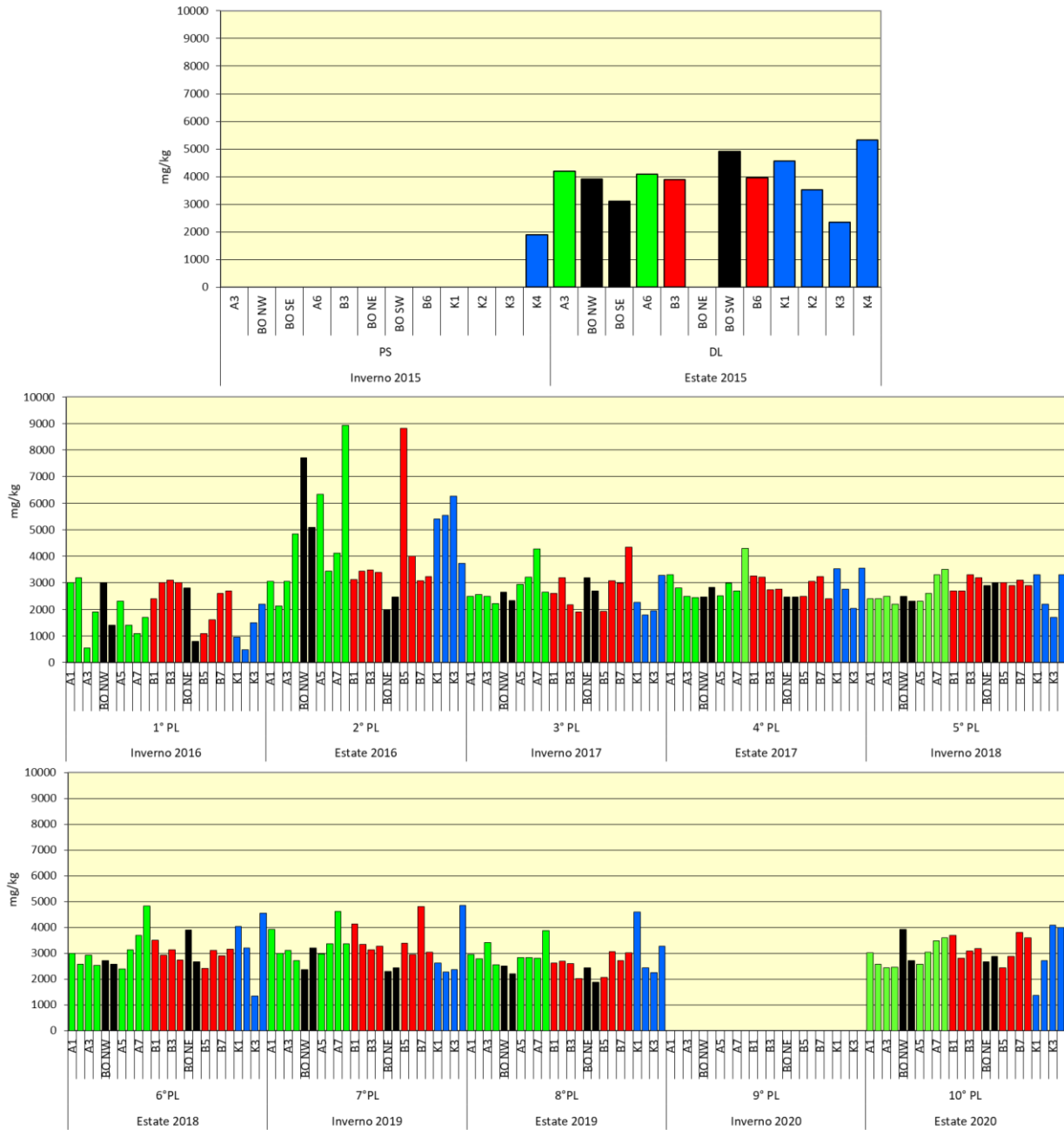


Fig. 3.42 - Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW. Durante i lavori di installazione non è stato possibile campionare il sito BO NE. PS = pre-survey; DL = durante lavori di installazione; PL = post lavori.

3.4. INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

Si ricorda che nell'inverno 2020 (9° survey post lavori di installazione) non è stato possibile effettuare le analisi per lo stoccaggio prolungato dei campioni nei laboratori chiusi per il lockdown nazionale che li ha resi inutilizzabili. Il campionamento è stato pertanto ripetuto nell'inverno 2021.

3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC – Nell'estate 2020 il valore di EC50 con $K_2Cr_2O_7 = 13,73$ mg/l (come cromo) (LC=13,46 e UC=14,05 mg/l) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio; i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio condotto nel 10° 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* nel 10° 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	8,01	34,86*	≥ 90	≥ 100	Assente
A4	34	7,98	12,97	≥ 90	≥ 100	Assente
BO NW	34	7,97	18,38	≥ 90	≥ 100	Assente
BO SE	34	7,91	20,00	≥ 90	≥ 100	Assente
A5	34	7,98	12,97	≥ 90	≥ 100	Assente
A6	34	8,00	24,05*	≥ 90	≥ 100	Assente
B3	34	8,06	15,14	≥ 90	≥ 100	Assente
B4	34	7,96	14,86	≥ 90	≥ 100	Assente
BO NE	34	7,88	14,59	≥ 90	≥ 100	Assente
BO SW	34	7,94	16,49	≥ 90	≥ 100	Assente
B5	34	8,01	13,24	≥ 90	≥ 100	Assente
B6	34	7,97	1,62	≥ 90	≥ 100	Assente
K1	34	7,94	5,14	≥ 90	≥ 100	Assente
K2	34	7,99	14,59	≥ 90	≥ 100	Assente
K3	34	8,01	11,89	≥ 90	≥ 100	Assente
K4	34	8,06	21,62*	≥ 90	≥ 100	Assente

*Biotestimolazione significativa $\Delta G > 20\%$

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* nell'intero periodo di indagine. 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	10° PL Est 2020
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A5									Assente	Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Assente	Assente	Assente
BO NE									Assente	Assente	Assente
BO SW									Assente	Assente	Assente
B5									Assente	Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.4.2. VIBRIO FISCHERI (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Nell'estate 2020 il valore di EC50 (15') = 10.45 mg/l (LC=8,68 e UC=12,59) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – I risultati del saggio condotto nel 10° 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 nel 10° 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	8,01	-5,05	-5,58	≥90	≥90	Assente
A4	34	7,98	-7,01	-6,92	≥90	≥90	Assente
BO NW	34	7,97	-11,37	-10,26	≥90	≥90	Assente
BO SE	34	7,91	-6,56	-5,98	≥90	≥90	Assente
A5	34	8,00	-4,79	-5,48	≥90	≥90	Assente
A6	34	8,06	-0,70	-1,12	≥90	≥90	Assente
B3	34	7,96	-3,42	-3,42	≥90	≥90	Assente
B4	34	8,02	-4,62	-4,51	≥90	≥90	Assente
BO NE	34	7,88	-2,96	-3,72	≥90	≥90	Assente
BO SW	34	7,94	-0,75	-1,38	≥90	≥90	Assente
B5	34	8,01	-5,38	-5,20	≥90	≥90	Assente
B6	34	7,97	-8,160	-1,18	≥90	≥90	Assente
K1	34	7,94	-5,80	-5,88	≥90	≥90	Assente
K2	34	7,99	-3,42	-3,41	≥90	≥90	Assente
K3	34	8,01	-9,28	-9,28	≥90	≥90	Assente
K4	34	8,06	-6,90	-6,90	≥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* nell'intero periodo di indagine. 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	10° PL Est 2020
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A5									Assente	Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Assente	Assente	Assente
BO NE									Assente	Assente	Assente
BO SW									Assente	Assente	Assente
B5									Assente	Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente

3.4.3. *COROPHIUM ORIENTALE*

QA-QC – Nel'10° survey post lavori di installazione la sensibilità degli organismi test verso il tossico di riferimento ($CdCl_2$) $LC_{50} = 3,16$ ($LC = 2,875$ mg/l e $UC=3,51$ 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 – Nell'estate 2020 non è stata rilevata alcuna tossicità (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 al 10° 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	16±1	36	8,15	0	>85	15±1	36	8,18	0	> 85
A3		36	8,03	0-0,5			36	7,97	0-0,5	
A4		36	8,01	0-0,5			35	8,06	0	
BO NW		36	7,99	0			36	8,09	0	
BO SE		36	7,99	0-0,5			36	8,13	0,5	
A5		36	8,01	0-0,5			37	8,05	0	
A6		36	8,00	0			35	8,05	0	
B3		36	8,00	0			36	8,06	0-0,5	
B4		36	7,99	0			36	8,05	0	
BO NE		36	7,98	0			35	8,09	0	
BO SW		36	7,96	0			36	8,07	0	
B5		36	7,96	0			36	8,07	0,5	
B6		35	7,99	0			35	8,06	0	
K2		36	7,99	0			36	8,01	0	
K3		36	8,03	0			36	8,07	0	
K4		36	8,02	0			36	8,04	0	
K4	36	8,10	0	36	8,08	0				

Tab. 3-XIX - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservata nel test di tossicità acuta relativo al 10° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± incertezza)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	1 ± 0,80	0	-
A3	100	5 ± 2,00	4	Assente
A4	100	2 ± 2,31	1	Assente
BO NW	100	6 ± 0,92	5	Assente
BO SE	100	6 ± 0,92	5	Assente
A5	100	4 ± 3,27	3	Assente
A6	100	8 ± 3,27	7	Assente
B3	100	6 ± 2,31	5	Assente
B4	100	6 ± 5,16	5	Assente
BO NE	100	7 ± 2,00	6	Assente
BO SW	100	2 ± 2,31	1	Assente
B5	100	5 ± 3,83	4	Assente
B6	100	4 ± 3,27	3	Assente
K1	100	5 ± 3,83	4	Assente
K2	100	6 ± 2,31	5	Assente
K3	100	2 ± 2,31	1	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 ad una tossicità media in B5. Tali condizioni non sono confermate dai dati degli ultimi due survey che indicano il ripristino delle condizioni iniziali.

Tab. 3-XX – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. orientale* nell'intero periodo. 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	10° PL Est 2020
A3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
A4									Assente	Assente	Assente
BO NW									Assente	Assente	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente
A5									Assente	Assente	Assente
A6	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente
B3	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
B4									Alta	Assente	Assente
BO NE									Alta	Bassa	Assente
BO SW									Assente	Assente	Assente
B5									Media	Assente	Assente
B6	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K1	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K2	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K3	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
K4	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	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 2020 un valore dell'EC₅₀ di 9,53 µg/l di Cu (LC=8,83 e UC=10,29), che rientra nei limiti della carta di controllo intra-laboratorio. La percentuale media di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo (87±1,15%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite dell'80%.

Risultati del saggio – I dati dell'estate 2020 hanno dimostrato la presenza di una tossicità bassa in 5 stazioni campionate nell'area circostante la piattaforma e in due controlli (Tab. 3-XXI).

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.

Tab. 3-XXI - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 10° 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		87 \pm 1,15	13	0			
A3	100	62 \pm 1,53	38	29	63,8	\geq 100	Bassa
	50	72 \pm 1,53	28	18			
	25	84 \pm 1,53	16	4			
A4	100	63 \pm 1,53	37	27	68,2	\geq 100	Bassa
	50	73 \pm 2,00	27	16			
	25	85 \pm 1,53	15	3			
BO NW	100	75 \pm 1,53	25	15	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	80 \pm 0,58	20	9			
	25	85 \pm 1,53	15	3			
BO SE	100	68 \pm 1,15	32	22	89,5	\geq 100	Bassa
	50	78 \pm 1,53	22	11			
	25	85 \pm 1,00	15	3			
A5	100	76 \pm 1,00	24	13	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	80 \pm 2,00	20	8			
	25	85 \pm 1,53	15	2			
A6	100	74 \pm 2,00	26	15	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	79 \pm 2,00	21	10			
	25	85 \pm 0,58	15	2			
B3	100	66 \pm 1,15	34	24	82,5	\geq 100	Bassa
	50	77 \pm 1,53	23	11			
	25	84 \pm 1,53	16	3			
B4	100	70 \pm 1,00	30	20	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	77 \pm 1,00	23	12			
	25	84 \pm 2,08	16	3			
BO NE	100	71 \pm 1,53	29	18	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	77 \pm 1,53	23	11			
	25	85 \pm 0,58	15	2			
BO SW	100	75 \pm 1,53	25	15	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	79 \pm 2,08	21	9			
	25	85 \pm 1,15	15	2			
B5	100	54 \pm 2,52	46	38	54,6	\geq 100	Bassa
	50	70 \pm 2,00	30	20			
	25	85 \pm 1,53	15	3			
B6	100	76 \pm 1,15	24	13	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	81 \pm 1,53	19	8			
	25	86 \pm 1,53	14	2			
K1	100	73 \pm 1,53	27	16	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	80 \pm 1,53	20	8			
	25	85 \pm 1,73	15	3			
K2	100	58 \pm 1,53	42	34	55,9	\geq 100	Bassa
	50	70 \pm 2,00	30	20			
	25	83 \pm 1,53	17	5			
K3	100	68 \pm 1,53	32	22	89,9	\geq 100	Bassa
	50	78 \pm 2,31	22	11			
	25	84 \pm 1,53	16	3			
K4	100	70 \pm 1,53	30	19	\geq 90	\geq 100	Assente
	50	78 \pm 1,53	22	10			
	25	84 \pm 1,15	16	3			

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. Nell'ultimo monitoraggio è avvenuto un generale miglioramento, soprattutto attorno Bonaccia NW.

Tab. 3-XXII – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. gigas* nell'intero periodo di indagine. 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	10° PL Est 2020
A3	Assente	Bassa	Media	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Bassa	Media	Bassa
A4									Assente	Media	Bassa
BO NW									Bassa	Bassa	Assente
BO SE	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Bassa
A5									Media	Alta	Assente
A6	Assente	Media	Media	Media	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Media	Assente
B3	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Media	Bassa
B4									Bassa	Bassa	Assente
BO NE									Bassa	Alta	Assente
BO SW									Bassa	Media	Assente
B5									Bassa	Bassa	Bassa
B6	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Media	Bassa	Assente
K1	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Bassa	Bassa	Bassa	Assente	Bassa	Assente
K2	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente	Assente	Assente	Media	Bassa	Bassa
K3	Assente	Assente	Media	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Assente	Assente	Media	Bassa
K4	Assente	Media	Bassa	Bassa	Assente	Assente	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Assente

3.5. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

Si ricorda che nell'inverno 2020 (9° survey post lavori di installazione) non è stato possibile effettuare le analisi per lo stoccaggio prolungato dei campioni nei laboratori chiusi per il lockdown nazionale che li ha resi inutilizzabili. Il campionamento è stato pertanto ripetuto nell'inverno 2021.

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 2020. 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 2020. 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	19,5 ± 0,5	34	8,21	0,5	97,5 ± 2	19,0 ± 1,0	34	8,21	0,4	95,0 ± 2
A3		34	8,20	0,5			34	8,20	0,4	
A4		35	8,20	0,5			34	8,21	0,4	
BO NW		34	8,21	0,5			35	8,20	0,4	
BO SE		34	8,21	0,5			34	8,21	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			35	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		35	8,21	0,5			35	8,21	0,4	
B6		34	8,20	0,5			35	8,21	0,4	
K1		34	8,23	0,5			34	8,21	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	8,20	0,5			35	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 2020. 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 2020, 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 stata rilevata una leggera tendenza all'accumulo di **arsenico**, **piombo**, **nicel** e **zinco** in uno o più siti BO e di **cadmio** in A3 e, più accentuato, in B5. Il bioaccumulo di **bario** invece, non quantificabile percentualmente poiché non rilevabile nel bianco, è stato osservato esclusivamente nell'area circostante Bonaccia NW. Tutti gli altri metalli ricercati o non sono stati rilevati, o hanno presentato negli organismi testati sui sedimenti campionati concentrazioni inferiori a quelle del bianco.

Tab. 3-XXV - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 10° 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.	7,40	n.r.	0,06	n.r.	16,2	385,4	1,9	n.r.	0,59	84,9	n.r.	160,7	0,085
Controllo	n.r.	7,80	n.r.	0,07	n.r.	19,5	435,7	2,0	n.r.	0,64	85,3	n.r.	159,2	0,088
A3	n.r.	6,60	1,78	0,075	n.r.	16,2	395,0	1,74	n.r.	0,46	88,8	n.r.	168,7	0,087
A4	n.r.	6,72	1,57	0,069	n.r.	16,7	393,1	1,67	n.r.	0,54	89,1	n.r.	167,8	0,079
BO NW	n.r.	8,80	21,7	0,063	n.r.	17,9	393,0	1,89	n.r.	0,71	85,6	n.r.	208,1	0,077
BO SE	n.r.	8,90	21,6	0,071	n.r.	18,3	402,2	1,96	n.r.	0,69	87,5	n.r.	202,5	0,087
A5	n.r.	6,64	1,35	0,062	n.r.	15,5	390,9	1,74	n.r.	0,52	88,8	n.r.	166,8	0,087
A6	n.r.	7,14	2,20	0,069	n.r.	13,3	360,7	1,61	n.r.	0,58	90,8	n.r.	151,5	0,093
B3	n.r.	7,97	2,71	0,069	n.r.	13,7	430,1	1,99	n.r.	0,57	89,0	n.r.	135,1	0,094
B4	n.r.	8,90	2,71	0,069	n.r.	13,0	409,8	2,09	n.r.	0,59	80,7	n.r.	135,1	0,094
BO NE	n.r.	8,70	21,6	0,071	n.r.	17,0	399,6	2,10	n.r.	0,76	83,2	n.r.	204,8	0,079
BO SW	n.r.	8,90	21,6	0,071	n.r.	17,9	401,9	2,43	n.r.	0,68	85,5	n.r.	192,7	0,084
B5	n.r.	7,47	2,54	0,10	n.r.	13,6	402,6	2,25	n.r.	0,53	87,7	n.r.	131,5	0,099
B6	n.r.	8,64	2,99	0,067	n.r.	14,8	420,5	2,20	n.r.	0,59	79,9	n.r.	132,9	0,098
K1	n.r.	8,73	n.r.	0,069	n.r.	15,6	398,8	2,16	n.r.	0,59	68,8	n.r.	154,1	0,094
K2	n.r.	8,77	n.r.	0,056	n.r.	14,2	385,9	2,06	n.r.	0,52	78,1	n.r.	135,2	0,076
K3	n.r.	8,32	n.r.	0,071	n.r.	13,6	432,7	1,92	n.r.	0,53	85,3	n.r.	138,8	0,092
K4	n.r.	7,39	n.r.	0,070	n.r.	13,0	395,5	2,10	n.r.	0,52	88,9	n.r.	146,1	0,087

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	5	nc	17	nc	20	13	5	nc	8	0	nc	-1	4
A3	nc	-11	nc	25	nc	0	2	-8	nc	-22	5	nc	5	2
A4	nc	-9	nc	15	nc	3	2	-12	nc	-8	5	nc	4	-7
BONW NW	nc	19	nc	5	nc	10	2	-1	nc	20	1	nc	29	-9
BONW SE	nc	20	nc	18	nc	13	4	3	nc	17	3	nc	26	2
A5	nc	-10	nc	3	nc	-4	1	-8	nc	-12	5	nc	4	2
A6	nc	-4	nc	15	nc	-18	-6	-15	nc	-2	7	nc	-6	9
B3	nc	8	nc	15	nc	-15	12	5	nc	-3	5	nc	-16	11
B4	nc	20	nc	15	nc	-20	6	10	nc	0	-5	nc	-16	11
BONW NE	nc	18	nc	18	nc	5	4	11	nc	29	-2	nc	27	-7
BONW SW	nc	20	nc	18	nc	10	4	28	nc	15	1	nc	20	-1
B5	nc	1	nc	67	nc	-16	4	18	nc	-10	3	nc	-18	16
B6	nc	17	nc	12	nc	-9	9	16	nc	0	-6	nc	-17	15
K1	nc	18	nc	15	nc	-4	3	14	nc	0	-19	nc	-4	11
K2	nc	19	nc	-7	nc	-12	0	8	nc	-12	-8	nc	-16	-11
K3	nc	12	nc	18	nc	-16	12	1	nc	-10	0	nc	-14	8
K4	nc	0	nc	17	nc	-20	3	11	nc	-12	5	nc	-9	2

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. A fine periodo (estate 2020) il fenomeno è apparso circoscritto ai soli siti adiacenti la piattaforma. Il **bario**, risultato non rilevabile sino al 2018, nel 2019 e in estate 2020 è comparso esclusivamente lungo i transetti e nei siti BO (anche in due controlli nel survey estivo del 2019) e tale situazione sembra esclusivamente correlabile alla piattaforma. L'**arsenico** e il **mercurio** hanno mostrato nel tempo un bioaccumulo diffuso ovunque, il primo a partire dalla fase di produzione della piattaforma, il secondo sin dal pre-survey. A fine periodo il fenomeno appare attenuato per l'arsenico e scomparso per il mercurio. Infine, il **nicel** è risultato diffusamente accumulato sino al 5° survey post lavori di installazione per poi ridurre drasticamente l'impatto sugli organismi.

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 e nell'estate 2020.

3.5.2.1 Micronuclei

I risultati al test dei micronuclei hanno evidenziato una distribuzione di frequenze di micronuclei nei celomociti, omogenea tra i siti investigati nell'estate 2020 (fig. 3.43 e Tab. 3-XXIX), analogamente a quanto osservato nelle stagioni precedenti. La distribuzione ottenuta indica una scarsa genotossicità indotta negli organismi da parte della matrice ambientale testata. Le frequenze registrate sono apparse estremamente contenute e confrontabili con i livelli di base tipici di organismi in buono stato di salute (Catalano *et al.*, 2012).

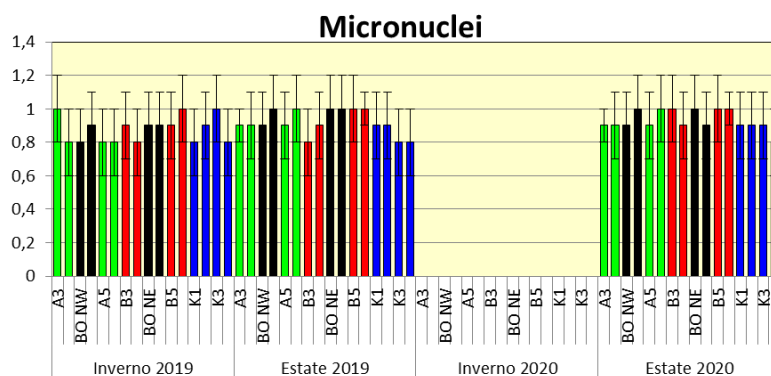


Fig. 3.43 - Valori medi (\pm dev.st.) delle frequenze di micronuclei riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati nelle due stagioni del 2019 e nell'estate 2020.

Tab. 3-XXIX - Analisi statistica associata alle frequenze di micronuclei riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati nell'estate 2020. 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 e nell'estate 2020. 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

Tab. 3-XXVIII - Continuo.

ESTATE 2020	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±0,1	0,9±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	1,0±0,2	1,0±0,1	0,9±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	0,8±0,2
Catalasi	µmol/min/mg di prot	53,9±9,5	55,1±11,0	58,2±5,0	61,0±5,5	60,0±8,0	63,1±8,9	59,3±7,2	58,5±9,5	55,0±6,1	59,0±5,5	62,0±10,5	61,0±10,0	60,0±8,5	55,8±9,0	57,0±10,0	63,7±9,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	28,0±8,4	29,0±6,0	25,6±7,8	28,0±5,6	26,9±8,1	25,5±8,0	29,3±6,1	31,0±6,6	26,1±7,8	30,0±9,0	29,4 ±4,7	29,0±7,7	27,8±6,9	27,6±6,9	26,4±7,1	28,7±6,1
Stabilità lisosmiale	min	90,5±11,0	92,3±11,9	80,0±6,0	79,0±5,0	92,9±6,5	90,4±8,7	89,9±6,5	89,1±9,8	85,0±5,1	81,0±8,1	90,2±6,0	90,1±6,9	99,9±9,7	98,5±9,5	99,1±8,5	89,5±8,0
Attività mitocondriale	Intensità/µm ²	81,5±9,0	84,0±8,5	77,2±5,8	80,3±5,3	81,2±11,0	80,8±12,0	83,5±9,5	79,5±13,0	78,2±7,7	83,5±11,1	83,5±13,0	85,1±8,9	84±14,5	82,0±10,8	81,0±11,9	81,2±13,0
Metallothioneine	µg/mg prot	24,2±5,4	20,3±5,4	34,5±3,5	31,5±3,4	19,7±5,7	18,6±5,6	16,8±3,9	16,7±5,7	32,8±5,3	30,7±4,4	17,7±5,9	24,5±5,5	12,5±4,5	13,0±5,5	15,5±6,3	15,5±5,0
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/µm ²	13,3±3,8	14,6±2,0	13,1±7,3	21,0±5,5	11,8±3,8	16,3±4,3	16,3±4,3	16,5±5,4	14,2±6,0	16,5±6,3	16,0±5,8	17,4±5,5	12,4±6,6	16,2±6,5	18,5±6,4	17,5±5,3

3.5.2.2 Determinazione dell'attività di catalasi

L'attività di catalasi misurata nei tessuti dei policheti nell'estate 2020 è risultata compresa tra $53,9 \pm 9,5$ $\mu\text{moli}/\text{min mg}$ di proteine totali del sito A3 e $63,7 \pm 9,0$ $\mu\text{moli}/\text{min mg}$ di proteine totali osservate presso il controllo K4 (fig. 3.44). In nessun caso sono state rilevate differenze significative tra gli organismi esposti ai diversi sedimenti prelevati (Tab. 3-XXX) analogamente al 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).

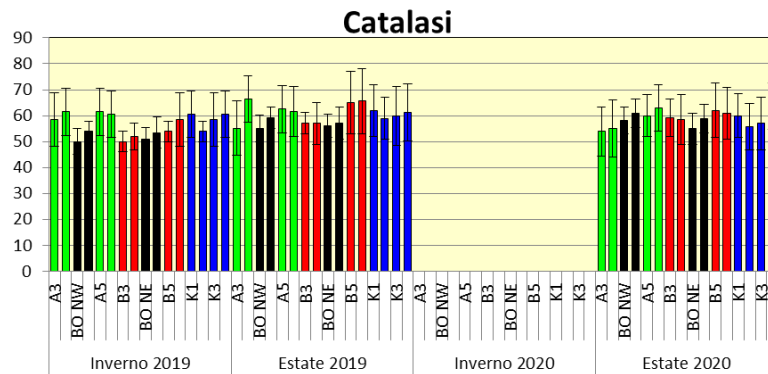


Fig. 3.44 - Attività di catalasi ($\mu\text{moli di catalasi}/\text{min}/\text{mg}^{-1}$ proteine totali estratte) associata ai tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019 e nell'estate 2020.

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 2020. 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 2020 è risultata compresa $25,5 \pm 8,0$ e $31,0 \pm 6,6$ nmol/min/mg di prot. (rispettivamente in A6 e in B4; fig. 3.45). In nessun caso si sono osservati incrementi significativi dell'attività dell'enzima (Tab. 3-XXXI) analogamente alla stagione estiva 2019. In inverno, invece, era stato evidenziato un aumento in corrispondenza di B6 rispetto a quasi tutti gli altri siti. Le risposte biologiche osservate indicano l'assenza di stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato. Questi risultati sono simili (o migliori) 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).

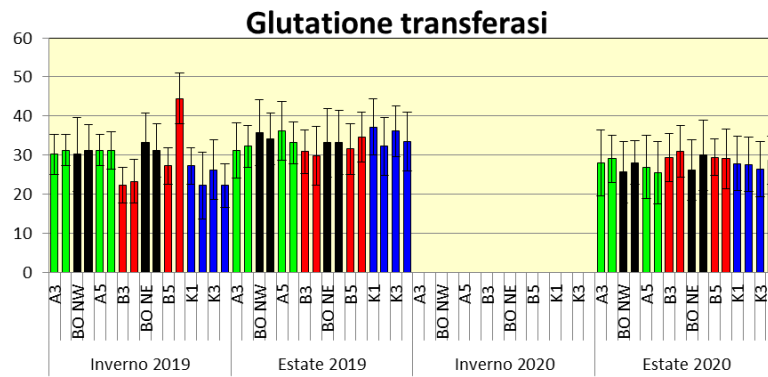


Fig. 3.45 - Valori medi dell'attività della glutazione transferasi (nmol/min/mg di prot. proteine totali estratte) associata ai tessuti di policheti (*H. diversicolor*) esposti ai sedimenti prelevati nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020.

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 2020. 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 2020 sono stati registrati tempi medi di destabilizzazione delle membrane lisosomiali compresi tra $79,0 \pm 5,0$ min (BO SE) e $99,9 \pm 10,7$ min (K1; fig. 3.46).

Confrontando la distribuzione dei valori osservati, gli organismi esposti ai sedimenti dei siti BO NW e BO SE hanno evidenziato una diminuzione significativa rispetto ai controlli (Tab. 3-XXXII). Una situazione simile era stata rilevata in estate 2019 quando anche BO NE e B5 avevano presentato differenze con i riferimenti. In inverno le riduzioni rispetto a due o tre controlli avevano riguardato sempre BO SE e BO NW, oltre a B3, B4 e B5. Nel complesso i tempi osservati identificano organismi con una moderata condizione di stress, risultando tuttavia simili a quanto rilevato in altri studi (Galloway *et al.*, 2010; Catalano *et al.*, 2012).

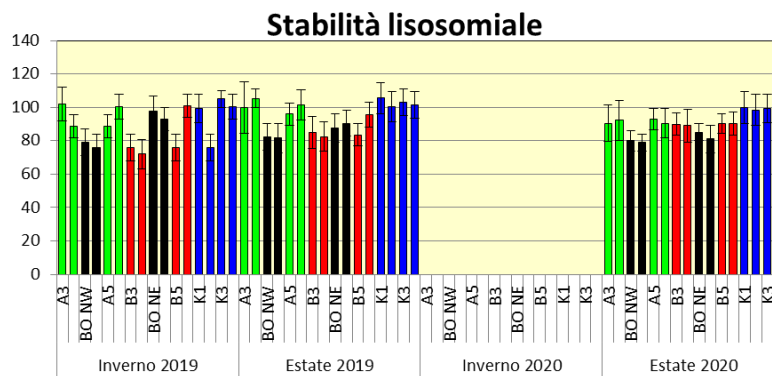


Fig. 3.46 - Valori medi dei tempi di destabilizzazione (espressi in min) e associati alla fragilità dei lisosomi dei celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020.

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 2020. 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	ns	ns	ns	*	*	*	*	*
BO NW			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
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																

3.5.2.5 Determinazione dell'attività mitocondriale

Nell'estate 2020 i livelli medi di attività mitocondriale misurati sulla base del potenziale di membrana nei celomociti dei policheti sono risultati compresi tra $77,2 \pm 5,8$ e $85,1 \pm 8,9$ Intensità/ μm^2 , osservati rispettivamente presso BO NW e B6 (fig. 3.47), dimostrandosi omogenei tra tutti i siti investigati (Tab. 3-XXXIII). Nelle due stagioni del 2019, invece, in inverno erano state rilevate delle differenze significative tra BO SE e B6 e tutti gli altri siti, mentre in estate il livello di attività in BO NW era significativamente inferiore rispetto a tre controlli e a 3 stazioni del transetto B.

Quanto osservato nell'ultimo campionamento tende a indicare un ripristino della funzionalità dei mitocondri nei celomociti degli organismi esposti a tali sedimenti rispetto ai periodi di indagine precedenti.

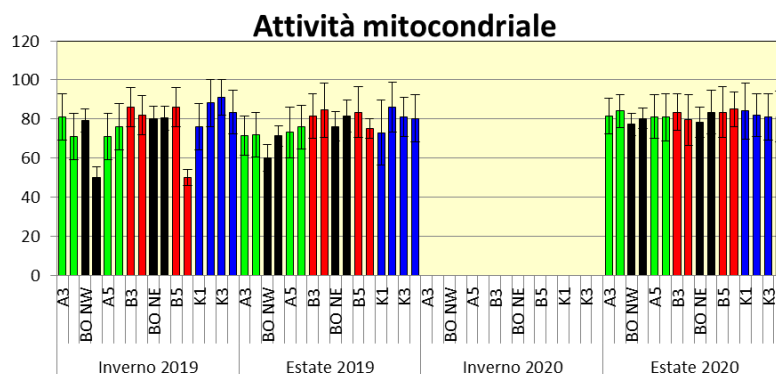


Fig. 3.47 - Valori medi di attività mitocondriale associata ai celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020.

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 2020. 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																

3.5.2.6 Livelli di metallotioneine

I livelli medi di metallotioneine nell'estate 2020 sono risultati compresi tra $12,5 \pm 4,5$ (K1) e $34,5 \pm 3,5$ $\mu\text{g MT/mg}$ di tessuto (BO NW; fig. 3.48). Confrontando i livelli si osserva un aumento presso i quattro siti della piattaforma rispetto a tutti gli altri (Tab. 3-XXXIV), analogamente a quanto rilevato nei due survey del 2019. I livelli medi osservati risultano confrontabili con quelli riportati per policheti presenti in aree marine soggette a moderato impatto antropico (Perez *et al.*, 2004).

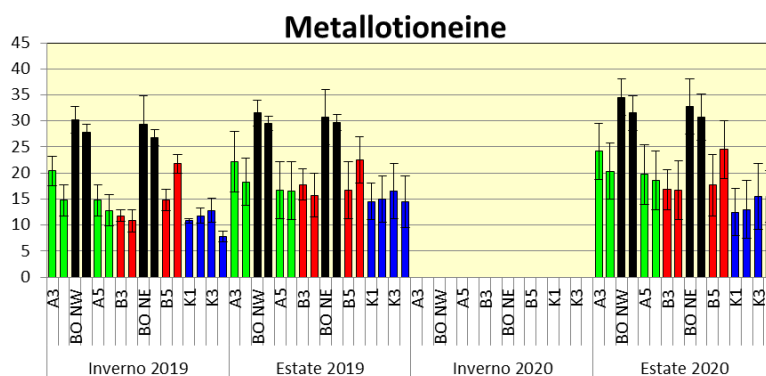


Fig. 3.48 - Valori medi di metallotioneine ottenuti nei tessuti di esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nei due survey del 2019 e in estate 2020.

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 2020. 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	*	*	*	*
BO NW			ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
BO NE				ns	ns	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*
BO SW					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																

3.5.2.7 Valutazione dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente

I livelli di composti aromatici in estate 2020 sono risultati compresi tra $11,8 \pm 3,8$ (A5) e $21,0 \pm 5,5$ unità di densità ottica/pixel (BO SE; fig. 3.49). Differenze statisticamente significative sono state evidenziate solo tra questi due valori (Tab. 3-XXXV).

Nel 2019 erano risultati significativamente differenti il controllo K4 da tutti gli altri siti e alcune stazioni posizionate lungo i transetti in inverno e BO SE in estate (eccetto che con le stazioni A6 e B6).

Nel complesso, la distribuzione di valori osservata tende a ipotizzare l'assenza di accumulo di idrocarburi policiclici aromatici nei tessuti degli organismi analizzati.

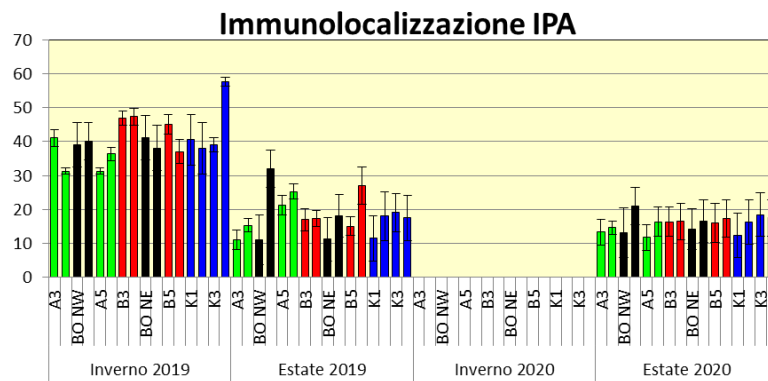


Fig. 3.49 - Valori medi (\pm dev.st.) dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente ottenuti nei tessuti dei policheti *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati nel 2019 e in estate 2020.

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	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																

3.6. 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. Si ricorda che nell'inverno 2020 questa tipologia di indagine non è stata condotta a causa del lockdown nazionale determinato dall'emergenza COVID-19.

A seguire verranno descritti in maniera dettagliata i risultati ottenuti per l'estate 2020, confrontati con quelli già ottenuti negli stessi siti nel 2019.

3.6.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI

3.6.1.1 Materia organica estratta (MOE)

I livelli di MOE osservati nei mitili prelevati nell'estate 2020 appaiono in linea con quelli ottenuti negli anni precedenti ad eccezione del sito VA, che invece mostra livelli significativamente maggiori sia rispetto a quelli rilevati nel sito di controllo e nel sito LA nell'estate del 2020 e, in generale, rispetto a quelli misurati nelle precedenti campagne a partire dal 2018 (fig. 3.50; Tab. 3-XXXVI). Questo risultato, che si riferisce ad una anomalia puntiforme, mai riscontrata precedentemente, sarà verificata nel survey di recupero svolto nell'inverno 2021.

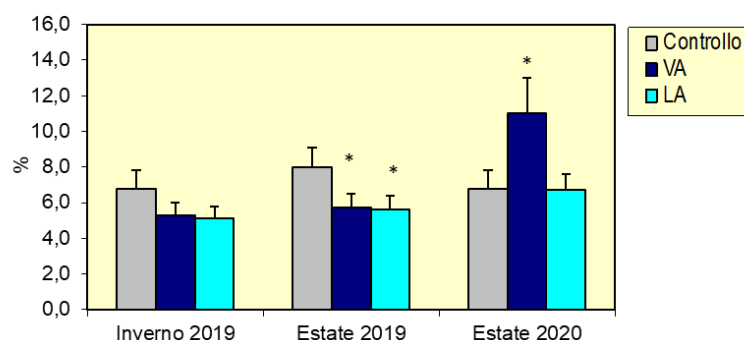


Fig. 3.50 - MOE rilevata negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello 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 2017-2020. 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
Estate 2020	6,8 \pm 1,0	11,0 \pm 2,0	6,7 \pm 0,9

3.6.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA)

Nell'estate del 2020 i livelli di IA mostrano sempre valori al di sotto dei limiti di rivelabilità per tutti gli idrocarburi nei mitili dei siti in piattaforma (VA e LA) e in quelli di riferimento (fig. 3.51 e Tab. 3-XXVII), esibendo quindi livelli del tutto bassi e modesti, poco rilevanti e inferiori a quelli normalmente riscontrabili in tessuti di mitili del sito di controllo (Benedetti *et al.*, 2014; Etiopie *et al.*, 2014). In maniera analoga, gli idrocarburi alifatici totali compresi tra C10 e C40 mostrano sempre concentrazioni inferiori a circa 74 mg/kg, risultando pertanto di scarsa rilevanza.

In questo senso, tali specie chimiche mostrano una netta diminuzione rispetto ai valori misurati in precedenza (campagne di indagine del 2019), quando erano state osservate ed evidenziate anomalie sia in alcuni dei punti di prelievo in piattaforma, sia talvolta nei mitili di riferimento. Considerando i valori di IA C15-C31 sempre inferiori ai valori di LOD, non è stato possibile misurare gli indici di distribuzione degli idrocarburi alifatici (Tab. 3-XXVIII).

Per quanto riguarda gli idrocarburi volatili, ovvero i composti con numero di carbonio inferiore a 10 ($C < 10$), questi hanno mostrato concentrazioni pari a circa 210 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nei mitili dei siti VA e LA, mentre livelli maggiori e pari a circa 1400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sono stati osservati nei mitili di riferimento. I livelli ottenuti negli esemplari della piattaforma possono essere considerati del tutto modesti e in linea con i valori normalmente trovati in popolazioni di organismi provenienti da aree non contaminate (Benedetti *et al.*, 2014), pertanto non evidenziano fenomeni rilevanti; le concentrazioni nei mitili di riferimento sono invece da considerarsi tendenzialmente elevate analogamente alle precedenti campagne di monitoraggio (2019).

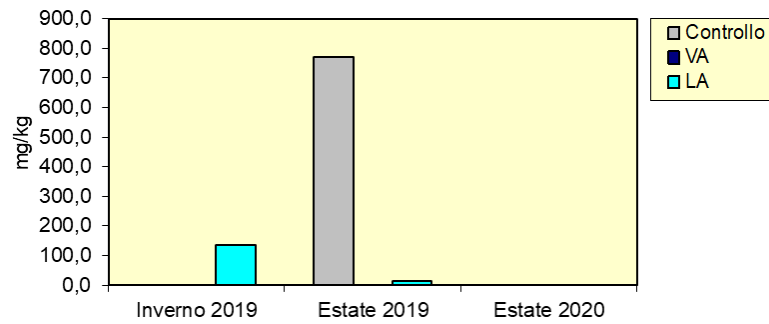


Fig. 3.51 - Concentrazioni di IA rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nella piattaforma Bonaccia NW e nel sito di riferimento durante le due stagioni di campionamento del 2019 e nell'estate 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

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 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Estate 2017			Inverno 2018			Estate 2018			Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020		
	Controllo	VA	LA	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	<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	<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	<1	<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	<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	<1	<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	<1	<1	<1
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	<1	<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	<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	<1	<1	<1
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	<1	<1	<1
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	<1	<1	<1
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	<1	<1	<1
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	<1	<1	<1
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	<1	<1	<1
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	<1	<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	<1	<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	<1	<1	<1
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	<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	<5	<5	<5
C ≤ 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5100 ± 1300	6700 ± 1300	6700 ± 1300	910 ± 230	<180	4100 ± 1000	1400 ± 340	210 ± 53	210 ± 53
C10-C40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<150	<230	310 ± 94	1000 ± 310	<80	<74	<66	<74	<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 2020. C = controllo; VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Estate 2017			Inverno 2018			Estate 2018			Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020		
	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
MH	C29	C29	C29	C29	C29	C29	C29	C29	C29	n.c.	n.c.	C29	C19	n.c.	C20	n.c.	n.c.	n.c.
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	n.c.	n.c.	n.c.
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	n.c.	n.c.	n.c.
C17/Pristano	1,34	2,6	0,88	1,35	1,33	0,88	3,15	2,16	2,23	-	-	-	-	-	-	n.c.	n.c.	n.c.
C18/Fitano	2,08	1,3	0,88	2,12	1,46	0,88	2,59	2,86	3,43	-	-	-	-	-	-	n.c.	n.c.	n.c.

3.6.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

I dati disponibili per la campagna estiva del 2020 mostrano livelli di IPA generalmente del tutto modesti e quasi sempre inferiori alle concentrazioni di LOD previste dal metodo analitico. Fanno eccezione solo naftalene, con livelli medi pari a 24 ± 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ e a 29 ± 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nei mitili dei siti VA e LA, pirene e fluorantene rinvenuti solo in VA con valori medi pari a 16 ± 6 e 17 ± 6 g/kg rispettivamente (Tab. 3-XXXIX; fig. 3.52).

Gli IPA sono attualmente considerati ubiquitari nell'ambiente marino, e le concentrazioni totali di questi composti normalmente possono variare tra qualche decina fino a poche centinaia di ng/g p.s. nei tessuti di mitili, ove generalmente, in assenza di fenomeni riconducibili a contaminazioni antropiche, i congeneri a basso peso molecolare sono largamente predominanti, mentre il contributo dei composti ad alto peso molecolare è molto scarso o addirittura assente (Bocchetti *et al.*, 2008). Pertanto, valori fino a qualche decina di ng/g (ps) risulterebbero del tutto normali e bassi nel caso dei congeneri a basso peso molecolare, mentre desterebbero maggiore attenzione per i congeneri ad alto peso molecolare. In questo senso, nonostante come già indicato, i valori totali di IPA siano tali da non destare particolare attenzione, poiché sempre inferiori a circa 60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nei mitili della piattaforma, è bene mettere in evidenza che i livelli di pirene e fluorantene negli organismi del sito VA meritano attenzione: se infatti non preoccupano i livelli totali osservati, lo squilibrio del rapporto tra IPA ad alto e basso peso molecolare potrebbe indicare una origine antropica di questi idrocarburi.

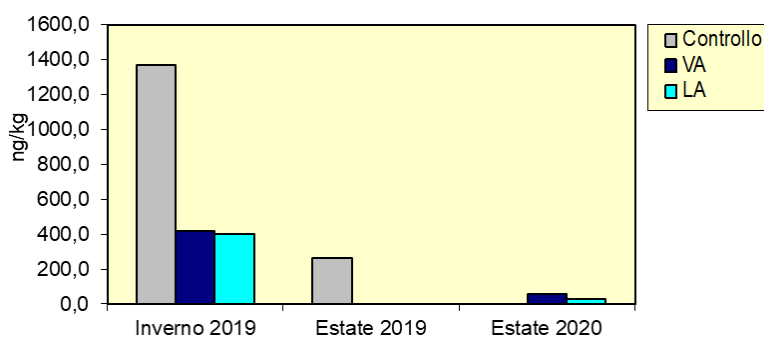


Fig. 3.52 - Concentrazioni di IPA totali rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nella piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019 e nel 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

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 2020. Valori espressi in ng/g ps. LOD = limite di rilevabilità.

	Estate 2017			Inverno 2018			Estate 2018			Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020		
	Controllo	VA	LA	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	<13	24 ± 8	29 ± 10
Acenaftene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	200 ± 71	280 ± 98	310 ± 110	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Acenaftilene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Antracene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	56 ± 20	<16	<15	<13	<15	<15
Benzo (a) antracene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	62 ± 22	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Benzo (a) pirene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	210 ± 73	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Benzo (b) fluorantene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	180 ± 62	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Benzo (g,h,i) perilene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	76 ± 3	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Benzo (k) fluorantene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	150 ± 52	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Crisene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	94 ± 33	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Dibenzo (a,e) pirene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Dibenzo (a,h) antracene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Dibenzo (a,h) pirene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Fenantrene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	40 ± 14	< 47	< 45	67 ± 23	<16	<15	<13	<15	<15
Fluorantene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	2,9 ± 2,0	<LOD	<LOD	96 ± 33	< 47	< 45	40 ± 14	<16	<15	<13	17 ± 6	<15
Fluorene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	< 31	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<15
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	73 ± 26	< 47	< 45	<16	<16	<15	<13	<15	<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	<13	16 ± 6	<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	-	-	-	57	29

3.6.1.4 Metalli pesanti

Analogamente a quanto riscontrato nelle due stagioni del 2019, anche nell'estate 2020 (fig. 3.53 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 2020 e quelli della medesima stagione del 2019, e alcune anomalie che erano state precedentemente osservate appaiono oggi del tutto assenti, come ad esempio il caso del cromo che aveva mostrato valori tendenzialmente elevati in piattaforma durante lo scorso anno di indagine.

Rispetto a tale quadro generale, è bene evidenziare, tuttavia, che il bario ha mostrato una concentrazione pari a circa 5 mg/kg nei mitili dei siti VA e LA, pertanto significativamente maggiore rispetto agli altri siti e punti temporali esaminati in passato. Benché tale valore non sembri allo stato attuale particolarmente distante dai normali range di fluttuazione stagionale noti per i mitili (Fattorini *et al.*, 2008), rappresenta comunque un'anomalia già osservata lo scorso anno per i mitili del sito LA, aspetto che pertanto suggerisce la necessità di una verifica nel 2021.

Un ulteriore dato anomalo è rappresentato dal rame, il quale mostra livelli abbastanza elevati (fino a circa 30 mg/kg) nei mitili di tutti i siti analizzati, compreso il controllo. Questi valori sono marcatamente maggiori rispetto a quelli osservati in precedenza; tuttavia, poiché sono stati osservati anche nei mitili di riferimento e non superando in ogni caso i range stagionali noti per questo elemento, è possibile che l'innalzamento generalizzato rifletta fenomeni naturali e stagionali (Fattorini *et al.*, 2008).

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 $5 \mu\text{g/g}$ p.s., Hg $2,5 \mu\text{g/g}$ p.s., Pb $7,5 \mu\text{g/g}$ 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 $0,02 \mu\text{g/g}$ (p.f.), corrispondente a circa $0,1 \mu\text{g/g}$ (p.s.) applicando un fattore di conversione medio peso umido /peso secco pari a 5.

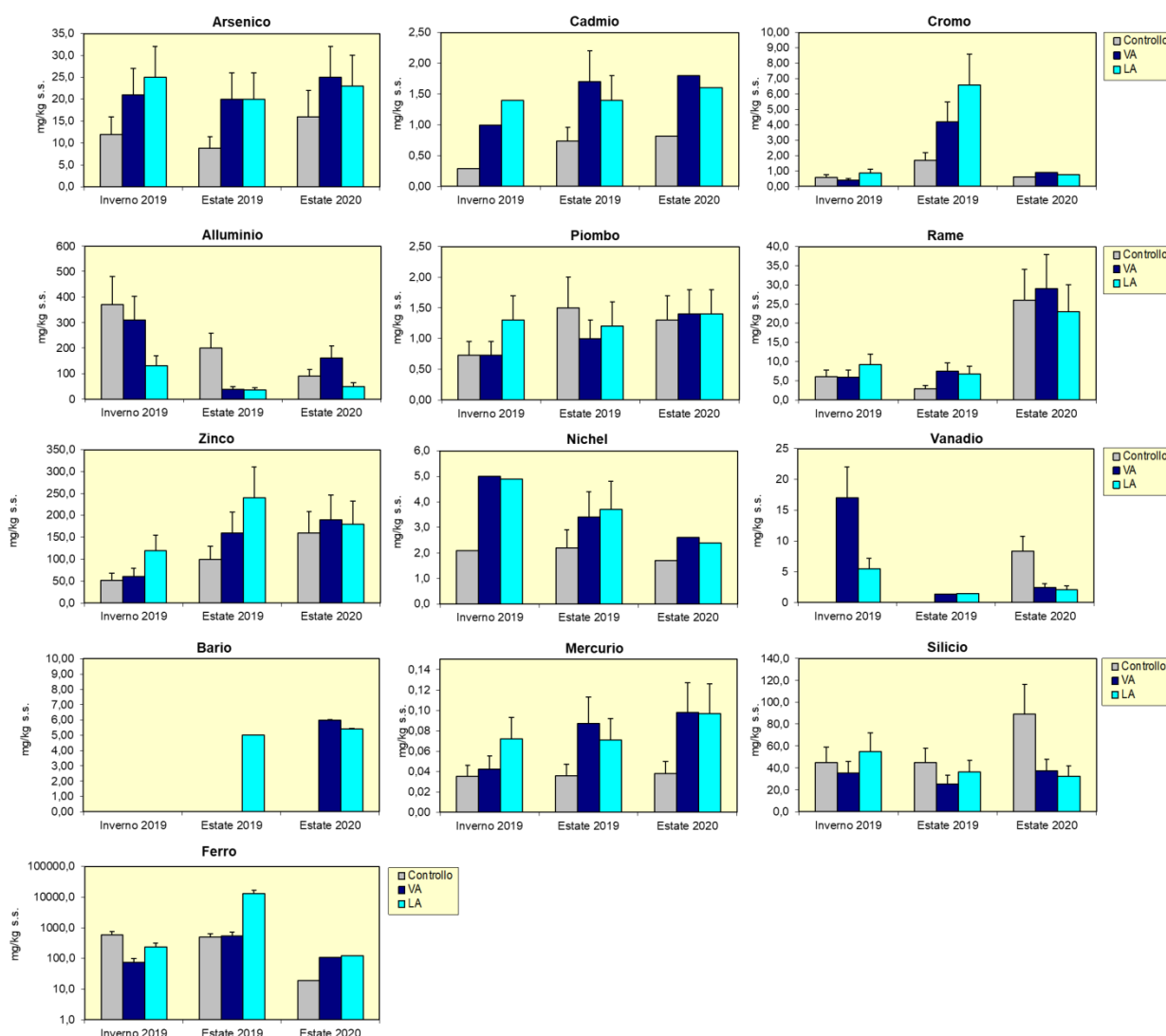


Fig. 3.53 - Concentrazioni (mg/kg p.s. \pm incertezza) dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*M. galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nelle due stagioni del 2019 e nel 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Non sono riportati i livelli indio 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.

Inverno 2018			Estate 2018			Inverno 2019			Estate 2019			Estate 2020		
Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
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	19 \pm 6	25 \pm 7	23 \pm 7
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	0,82	1,8	1,6
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	0,63	0,92	0,75
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	89 \pm 27	160 \pm 49	49 \pm 15
< 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	0,038 \pm 0,012	0,098 \pm 0,029	0,097 \pm 0,029
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	1,3 \pm 0,4	1,4 \pm 0,4	1,4 \pm 0,4
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	26 \pm 8	29 \pm 9	23 \pm 7
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	160 \pm 49	190 \pm 57	180 \pm 53
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	1,7	2,6	2,4
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	8,3 \pm 2,5	2,4 \pm 0,7	2,1 \pm 0,6
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	< LOD	6	5,4
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	89 \pm 27	37 \pm 11	32 \pm 10
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	190 \pm 58	110 \pm 34	120 \pm 35
< 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. A seguire verranno descritti in maniera più dettagliata i risultati dei biomarker ottenuti per la campagna di indagine dell'estate del 2020 e confrontati con quelli analizzati negli stessi siti nel periodo di campionamento del 2019.

3.6.2.1 Stress on Stress

I livelli di LT50 (Letal Time al 50%) nell'estate 2020 risultano paragonabili a quelli del 2019 e maggiori di quelli riscontrati nel sito di controllo che ha invece subito una riduzione del livello LT50 (fig. 3.54), confermando l'assenza di uno stress fisiologico generale degli organismi prelevati dai piloni della piattaforma indagata.

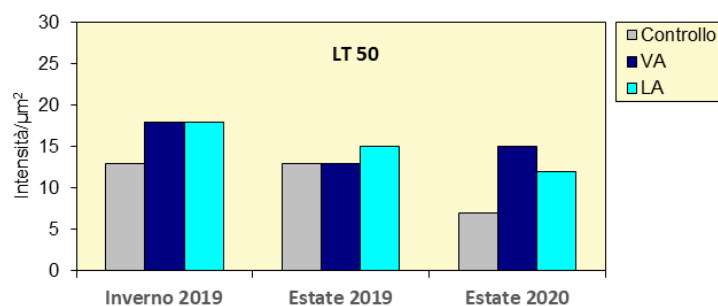


Fig. 3.54 - Tempi di sopravvivenza all'aria riscontrati negli esemplari di *M. galloprovincialis* campionati sulla piattaforma Bonaccia NW nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.2 Micronuclei

I risultati relativi all'estate 2020 mostrano livelli in generale maggiori di frequenza di micronuclei rispetto a quelli rilevati nelle campagne precedenti ma comparabili tra i tre siti di prelievo, dimostrando quindi una assenza di un effetto riconducibile alle attività della piattaforma (fig. 3.55). Questi livelli generalmente più alti, essendo stati riscontrati anche nei mitili di riferimento, possono suggerire l'influenza di parametri stagionali nella modulazione di questa risposta biologica utilizzata nei mitili come biomarker (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	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
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			Estate 2020		
		Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	13	18	18	13	13	15	7	15	12
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	0,75 \pm 0,25	1,00 \pm 0,29	1,17 \pm 0,33
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	55,8 \pm 4,7	52,5 \pm 15,2	34,3 \pm 7,0
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	59,5 \pm 9,8	43,1 \pm 17,5	51,3 \pm 14,7
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	59,9 \pm 11,3	42,2 \pm 10,9	43,3 \pm 7,7
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	11,62 \pm 1,13	4,69 \pm 0,87	6,19 \pm 3,21
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	34,7 \pm 13,1	33,49 \pm 10,9	24,3 \pm 9,0
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	2,52 \pm 0,92	4,58 \pm 0,81	3,58 \pm 1,39
qPCR _{MT10}	n° copie	7604 \pm 4405	2620 \pm 2585	2890 \pm 1135	11602 \pm 3695	116959 \pm 36964	192638 \pm 30068	22951 \pm 22113	49419 \pm 16804	43220 \pm 10635
qPCR _{MT20}		nd	nd	nd	115 \pm 63	5747 \pm 4228	10866 \pm 9100	nd	15 \pm 26	225 \pm 252

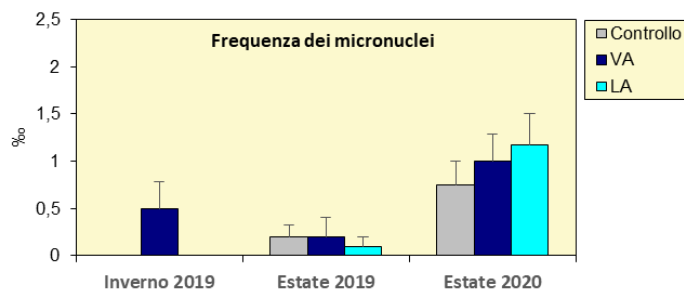


Fig. 3.55 - Frequenze medie (\pm dev.st.) dei micronuclei ottenute per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 e nell'estate 2020 dalle parti sommerse della piattaforma Bonaccia NW e dal sito controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscine

Per quanto riguarda l'accumulo di lipofuscina, principale prodotto della perossidazione lipidica, nell'estate 2020 i risultati evidenziano livelli del tutto paragonabili nei mitili campionati in piattaforma rispetto a quelli di controllo (fig. 3.56); tali livelli risultano del tutto comparabili anche a quelli misurati nel periodo estivo del 2019 e in generale leggermente più bassi rispetto a quelli campionati nel periodo invernale dello stesso anno, dimostrando una variazione stagionale naturale di questo parametro. In generale, comunque, i livelli rilevati nei tre campionamenti 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).

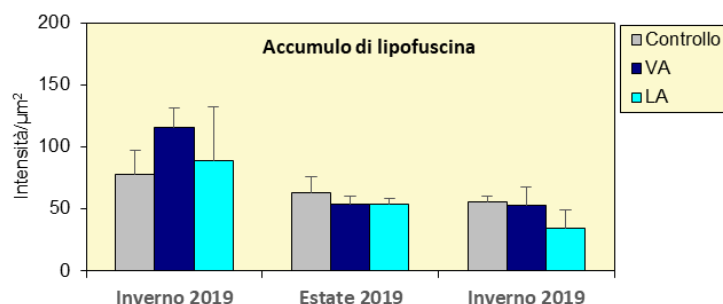


Fig. 3.56 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipofuscine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 e nell'estate 2020 dalle parti sommerse di Bonaccia NW e dal sito controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri

Nell'estate del 2020 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. 3.57). Confrontando i risultati ottenuti nei mitili della

piattaforma nel 2020 con quelli della campagna del 2019, i livelli sono del tutto comparabili, mentre gli organismi di controllo nell'inverno 2019 mostravano livelli significativamente più alti. 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; tuttavia, come molte altre risposte biologiche, anche l'accumulo di lipidi neutri è soggetto a fluttuazioni stagionali, con conseguente fluttuazioni nei livelli basali (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012; Gomiero *et al.*, 2015).

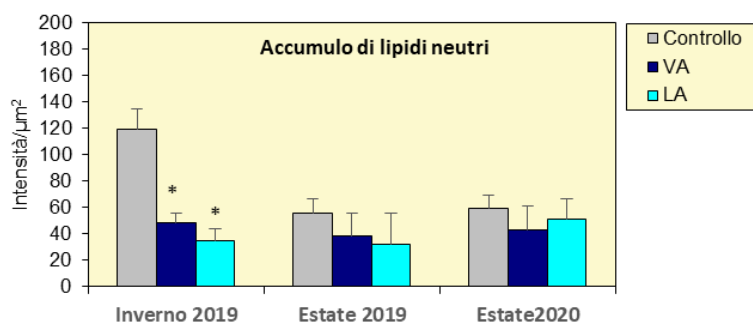


Fig. 3.57 - Accumulo di lipidi neutri (media ± Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Gli asterischi indicano differenze statisticamente significative rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.6.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali

I livelli medi relativi alla stabilità delle membrane lisosomiali misurata attraverso il tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro nell'estate 2020 sono stati leggermente inferiori nei mitili campionati sulla piattaforma Bonaccia NW rispetto a quelli di riferimento (intorno a 50 minuti); tuttavia le differenze non risultano statisticamente significative (fig. 3.58).

Per questo parametro si nota una generale diminuzione rispetto all'estate 2019, quando i mitili prelevati da Bonaccia NW mostravano livelli di ritenzione del rosso neutro di circa il doppio, intorno ai 100 minuti. Tuttavia, la risposta di stabilità delle membrane lisosomiali risulta essere una delle più sensibili e può mostrare fluttuazioni legate a parametri stagionali e fisiologici degli organismi, non imputabili a condizioni di impatto antropico: l'assenza di variazioni statisticamente significative nei mitili provenienti dalla piattaforma rispetto a quelli di controllo negli ultimi due survey conferma tale ipotesi e permette di

escludere l'influenza della piattaforma sulla risposta biologica (Petrovic *et al.*, 2004; Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008).

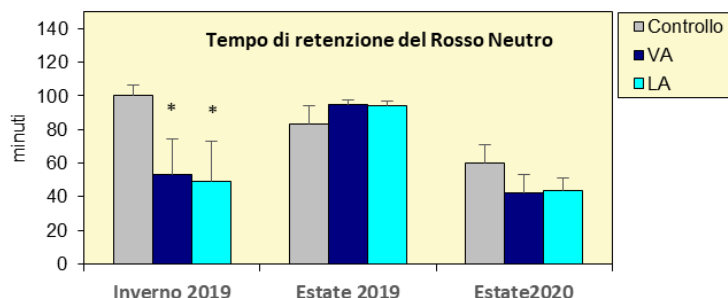


Fig. 3.58 - Valori medi (\pm dev.st.) dei tempi di destabilizzazione ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020 dalle parti sommerse di Bonaccia NW e dal sito di controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le 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 2020 i livelli di attività di questo enzima sono risultati generalmente piuttosto bassi, con inibizioni che risultano significative nei mitili prelevati sui piloni della piattaforma rispetto a quelli di controllo (fig. 3.59).

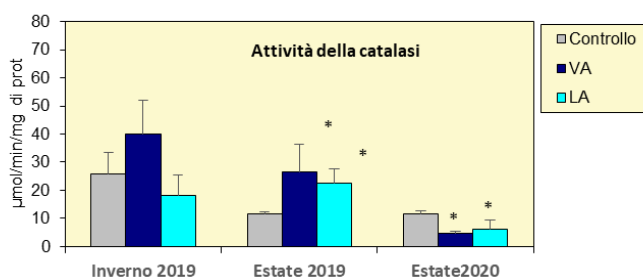


Fig. 3.59 - Valori medi (\pm dev.st.) dell'attività della catalasi ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020 sulla piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

Questi risultati mostrano un trend opposto rispetto a quello osservato nella campagna estiva del 2019 quando i mitili campionati in piattaforma mostravano l'attività della

catalasi significativamente più alta di quella degli organismi di controllo. I risultati suggeriscono una particolare suscettibilità di questo biomarker nei campioni della piattaforma, anche se in generale i valori misurati in entrambi gli anni di campionamento rientrano in un range di variabilità che non necessariamente suggerisce un effetto legato alla condizioi di stress legate alle attività della struttura (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

3.6.2.7 Livelli di Malondialdeide

Per quanto riguarda la malondialdeide, nei mitili campionati nell'estate 2020 sono stati rilevati livelli generalmente bassi in tutti i siti, paragonabili a quelli ottenuti nell'inverno 2019. Livelli medi più alti di questo prodotto di perossidazione lipidica erano stati osservati nell'estate 2019, con valori che tuttavia risultavano estremamente variabili (fig. 3.60). In generale i risultati ottenuti per questo parametro risultano sempre paragonabili a quelli riscontrati in organismi del medio Adriatico (Bocchetti e Regoli, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

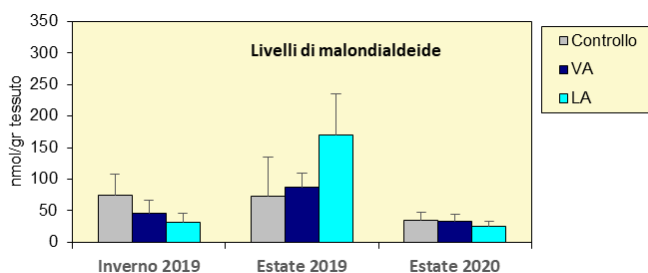


Fig. 3.60 - Contenuti di malondialdeide (media ± Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal controllo nelle due stagioni del 2019 e in estate 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.8 Livelli di Metallotioneine

Nell'estate 2020 i livelli medi di metallotioneine risultano mediamente più alti nei siti della piattaforma rispetto a quello di controllo, con variazioni che risultano statisticamente significative nel sito VA; questo trend era già stato osservato durante la campagna di campionamento dell'inverno 2019, contrariamente a quanto osservato nell'estate dello stesso anno quando il contenuto di metallotioneine, registrato in entrambi i siti di Bonaccia NW era risultato del tutto paragonabile a quello dei mitili di riferimento (fig. 3.61). 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).

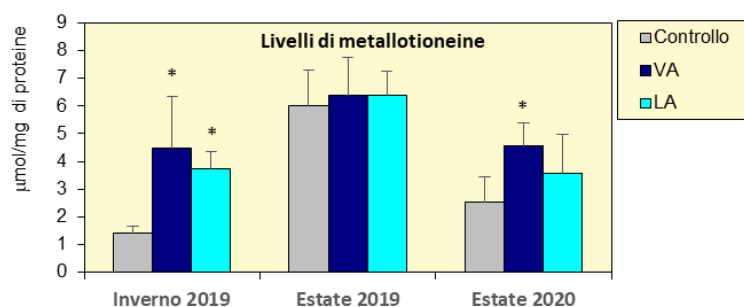


Fig. 3.61 - Valori medi (\pm dev.st.) di metallotioneine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati durante le campagne di campionamento del 2019 e nell'estate 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute 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 2020 evidenziano livelli molto bassi e in alcuni casi non rilevabili di entrambe le isoforme MT₁₀ e MT₂₀ nei mitili della piattaforma Bonaccia NW rispetto a quelli di controllo; questi risultati sono in linea con quelli già riscontrati nell'inverno 2019 e in generale i valori sono decisamente inferiori rispetto a quelli riscontrati nell'estate dello stesso anno (fig. 3.62). L'assenza di variazioni tra i siti della piattaforma Bonaccia NW e quello di riferimento esclude la presenza di anomalie per questa risposta biologica.

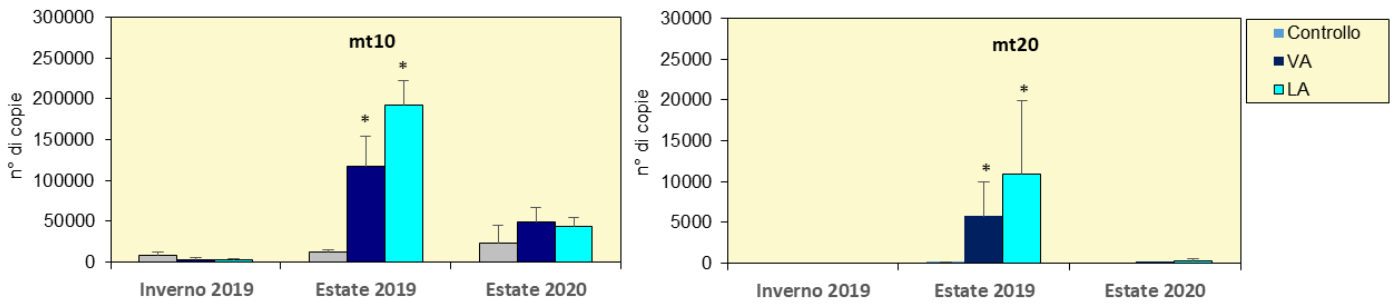


Fig. 3.62 - qPCR rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nei due survey del 2019 e nell'estate 2020. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. L'asterisco (*) indica le differenze statisticamente significative ottenute nei siti della piattaforma rispetto al controllo, campionato nello stesso periodo di indagine ($p < 0,05$).

3.7. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Si ricorda che nell'inverno 2020 non è stato possibile campionare i 4 siti a ridosso della piattaforma e le stazioni A4 e B5 per l'improvvisa interruzione del survey causata dal lockdown nazionale per COVID-19.

3.7.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

Nell'estate 2020 le maggiori Densità sono state ottenute presso la piattaforma (fig. 3.63), dove l'indice è oscillato tra $393,00 \pm 39,47$ (BO NE) e $474,83 \pm 18,17$ ind/0,095 m² (BO NW). Tutte gli altri siti nell'area circostante Bonaccia NW eccetto quelli a 30 m di distanza e B6 hanno presentato valori all'interno del range dei controlli, compreso tra $50,33 \pm 3,42$ (K4) e $150,83 \pm 7,49$ ind/0,095 m² (K2). La maggiore quantità 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 ritrovati adesi a gusci di bivalvi. Una densità così elevata non è stata più raggiunta. I valori registrati nell'ultimo survey sono risultati tutti superiori a quelli rilevati nel pre-survey, sia nell'area circostante Bonaccia NW che nei controlli, ma l'aumento maggiore, di oltre 14 volte, è stato osservato nei siti BO. Come riscontrato sin dall'inizio della produzione di Bonaccia NW, anche nell'estate 2020 i policheti della famiglia Paraonidae hanno costituito il taxon più abbondante ovunque, 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 tipici di substrati rocciosi *Anomia ephippium* e *Neopycnodonte cochlear*, quest'ultimo particolarmente abbondante in BO NW in estate 2020, comparsi già all'inizio della fase di produzione di Bonaccia NW ma in modo consistente a partire dal 2° anno post lavori.

Riguardo alla Biomassa (fig. 3.64; All. D), in generale anche nell'ultimo survey sono stati registrati valori molto bassi ma, come come in tutta la fase di produzione della piattaforma, vi sono stati dei picchi, di cui i più evidenti in BO NW, B4 e B8 ($26,17 \pm 6,27$; $12,57 \pm 11,56$; e $11,38 \pm 10,26$ gr/0,095 m² rispettivamente), determinati nel primo caso da *N. cochlear* e da *M. galloprovincialis*, negli altri due da *Brissopsis atlantica mediterranea*.

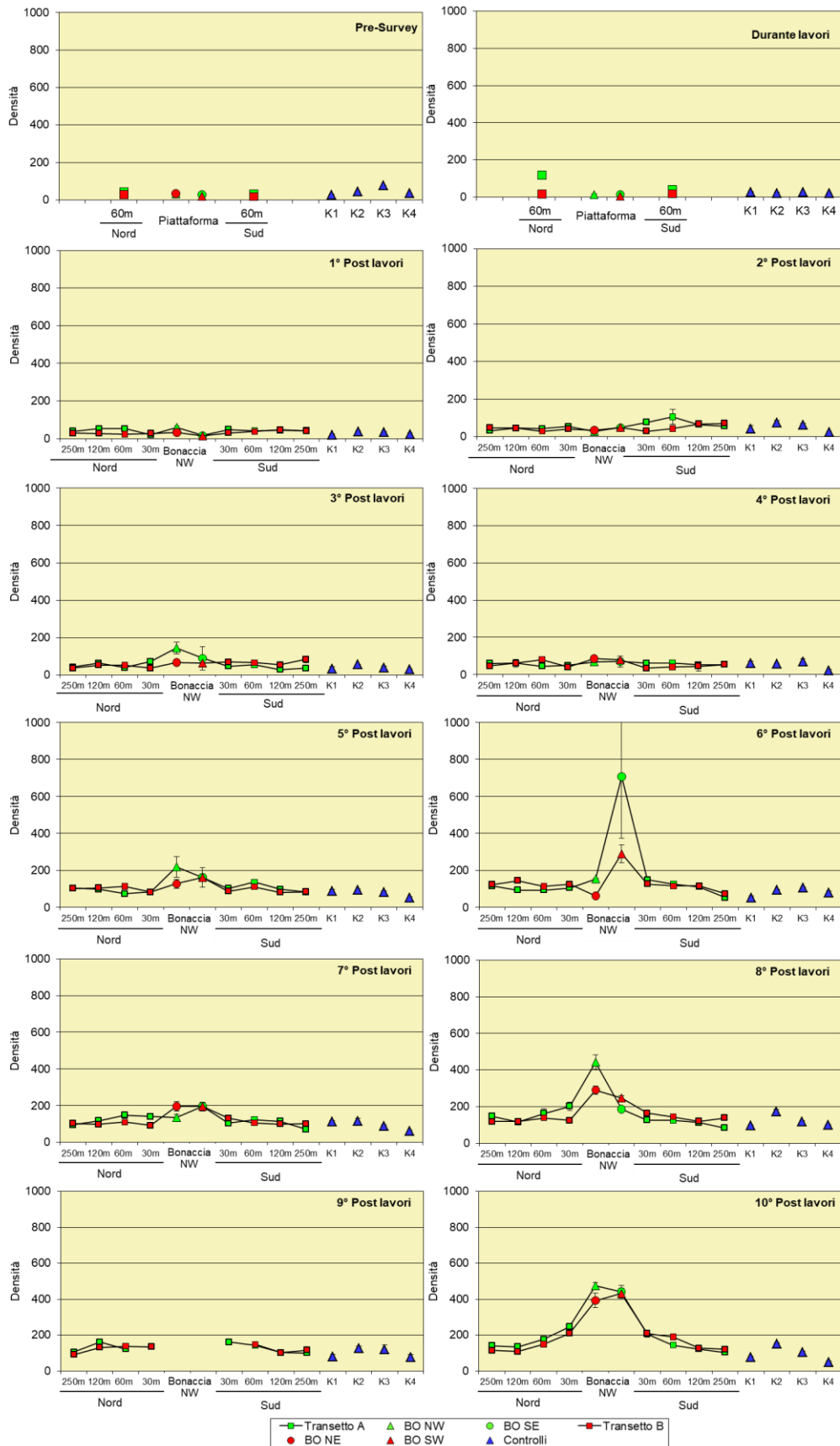


Fig. 3.63 – Densità (n. ind/0,095 m² ± e.s.) registrate nell'intero periodo di indagine.

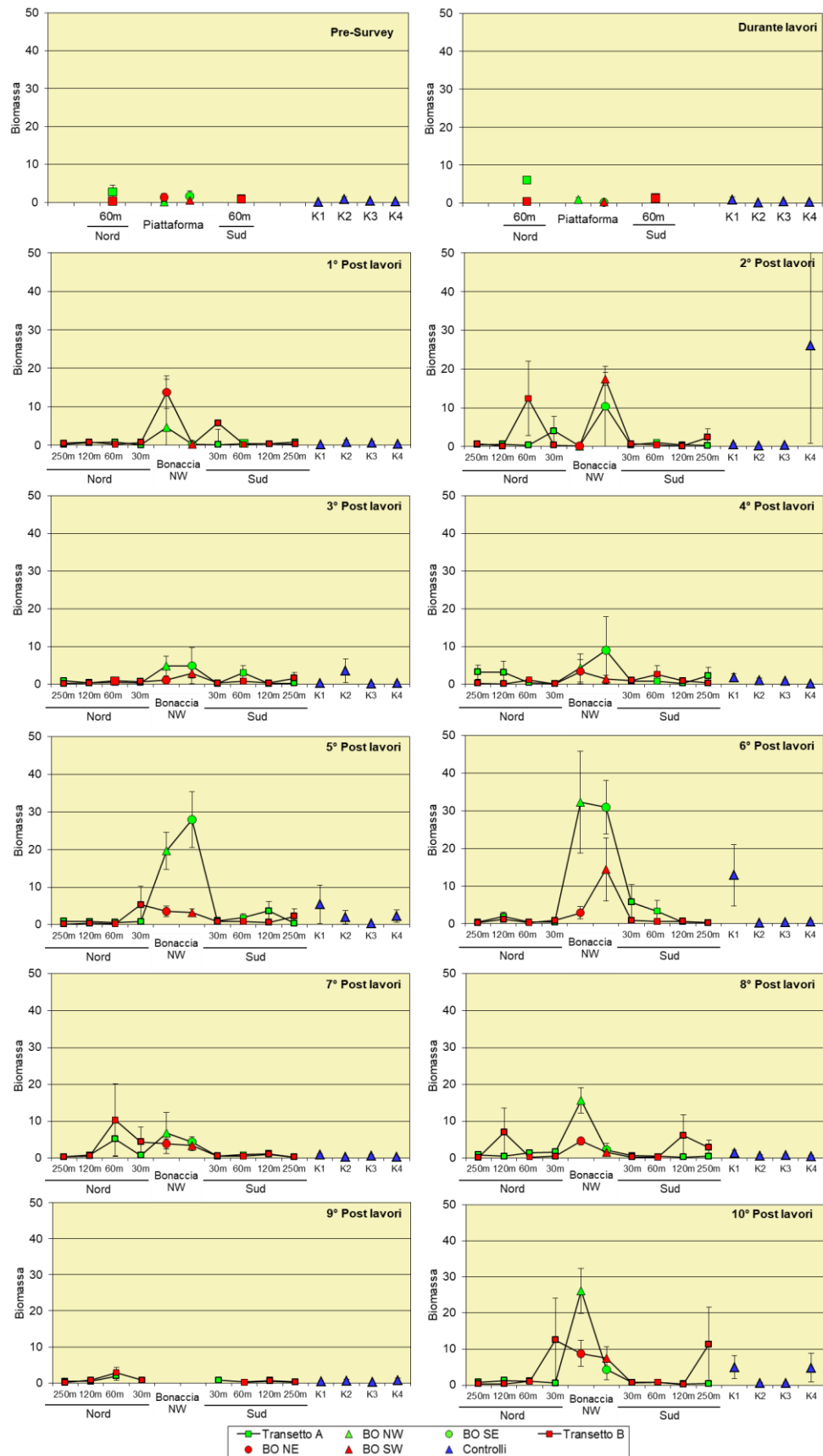


Fig. 3.64 – Biomassa (gr/0,095 m² ± e.s.) registrata nell'intero periodo di indagine.

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 2020 sono risultati prevalentemente composti da taxa tipici di fondo mobile e, in particolare, da organismi limicoli (Lim), seguiti dagli indicatori di materia organica nel sedimento (MO) e/o sabulicoli (Sab) e/o misticoli (Mixt; Tab. 3-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. ehippium* 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, stabilizzandosi poi a fine periodo (fig. 3.65).

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* analogamente a quanto osservato nell'inverno 2019.

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.

a)

	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	Non campionata	6	7	12	7	11	9
Sab, SFBC	2			2					2	1	2	1
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	2	1	2	2	1		1	1	1		1	1
Minut	1											
MO	5	3	2	4	5		1	3	4	4	4	6
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		2			1
MI	1	1			1										1	1	1		1					
Minut	1		1	1	1	1	1		1			1			1	1	1	1	2					
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		1
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				
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	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
Glac						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				1	
Mnut			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

	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	
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	
Mnut	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	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	2	4	4	4

9° 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						1	1	1	1	1	1	1
Lim, VTC, VB	22	19	23				27	27	22	27	24	27	25	25				30	21	24	19	27	22	15
Sab, SFBC	5	7	8				7	6	4	8	5	5	7	7				8	5	7	5	8	7	4
Mixt, DC, DE, DL, SVMC	2	3	6				6	5	3	3	5	2	2	5				6	3	3	2	3	4	2
MI	1	1	1				1	2				1		1				2	1	1	1	1	1	1
Mnut	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	2	1
MO	6	8	9				8	7	5	5	5	5	8	8				7	7	4	8	8	6	5
AP, C, HP, Sd	3	4	3				3	2	4	2	3	3	2	3				3	1	4	1	4	4	1
Lre	3	6	3				3	2	2	3	3	2	5	4				3	3	3	2	5	3	3

10° 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	2		1				1			1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Lim, VTC, VB	32	25	26	33	35	30	24	27	24	30	27	21	29	34	35	43	29	26	25	31	23	32	21	18
Sab, SFBC	6	4	6	7	16	16	6	8	3	8	8	7	5	9	21	19	6	7	8	8	4	7	6	4
Mixt, DC, DE, DL	5	4	7	5	15	11	7	3	2	5	4	3	3	5	18	16	6	4	2	4	3	4	4	1
Glac										1														
MI			1	1	1	1				1			1	2	1	2		1						
Mnut	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	
MO	8	5	7	6	8	10	6	6	6	5	4	6	6	4	7	7	5	5	6	6	6	5	7	5
AP, C, HP, Sd	3	3	5	5	17	12	4	2	2	6	3	4	5	3	23	13	5	5	1	2	2	3	4	2
Lre	2	4	4	6	8	7	6	2	2	5	3	3	4	3	10	10	5	2	4	3	2	2	4	1

b)

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	
Mnut						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

	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	
Mnut	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		

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	
1° Post lavori																									
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		
Mxt, 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																									
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	
Mxt, 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		
3° Post lavori																									
Sm																									
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	
Mxt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	1,00	1,33	1,67	1,67	5,67	6,67	0,67	1,00	1,67		0,67	0,67	0,67	0,67	2,00	3,33	1,00	1,33		1,33	0,33	1,00	0,33		
MI		0,67			0,33	0,67	0,33					0,33			0,33		0,67		0,33		0,33			0,67	
Minut		0,33	0,33		0,67	0,33	1,67					0,33	0,33		0,33	0,33	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
MO	3,67	5,33	3,33	6,67	5,00	3,33	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																									
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		
Mxt, 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		0,67	0,67	0,67	2,33		0,67	0,33	1,00		1,33	0,33	1,67	0,33	
MI					0,33																0,33				
Minut		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33					0,33	0,33			0,67					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			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	
Mxt, 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	
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					
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	0,83	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	
Mxt, 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										
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	

Tab. 3-XLII – Continuo.

b)

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			0,33			0,17							0,33			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	
Glaz					0,17																				
Mxt, 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			0,83	0,17	0,17					0,17	
Mnut			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	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	0,17		0,50	0,33	0,33	0,17	0,17					0,33	0,17	0,33	0,17	0,67	0,17			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
Mxt, 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	0,33	0,33		0,17		0,50		0,17		0,50	0,17	0,67					0,50	
Mnut	0,50		0,67	0,17	0,17	0,33	0,33	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
MO	21,33	14,33	17,50	15,50	26,17	17,00	15,00	12,83	10,17	8,17	8,83	13,17	16,50	10,83	18,17	23,17	16,33	13,33	12,83	14,50	7,67	17,17	17,67	7,67
AP, C, HP, Sd	1,00	0,83	8,17	4,17	87,17	7,17	1,83	0,50	0,17	0,67	0,50	0,50	0,50	1,50	30,17	7,50	2,67	1,00	0,50	1,50	0,83	2,00	1,33	1,17
Lre	2,67	1,67	2,33	3,50	16,17	4,33	3,00	1,83	2,17	0,50	3,17	1,83	2,50	2,50	13,17	6,00	2,17	1,33	3,50	2,83	1,83	3,00	1,83	2,33

9° 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			0,33			0,17				0,33		0,33						0,33	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
Lim, VTC, VB	25,50	28,33	30,00			39,17	26,17	21,50	24,33	19,67	29,33	32,33	31,17				41,33	19,67	23,17	16,17	25,83	20,17	14,00	
Sab, SFBC	1,33	2,17	2,50			2,50	2,00	0,83	1,50	1,17	2,00	2,00	2,33				1,83	1,50	2,17	0,83	2,50	1,67	1,00	
Mxt, DC, DE, DL, SVMC	0,33	0,83	1,67			1,83	1,33	0,50	0,50	1,00	0,33	0,83	2,00				1,33	1,17	0,67	0,67	0,50	1,17	0,33	
MI	0,17	0,50	0,33			0,17	0,83			0,17		0,33	0,33				0,33	0,17	0,17	0,17		0,67	0,17	
Mnut	0,50	1,00	1,00			0,67	0,67	0,50	0,33	0,83	0,83	0,83	0,50				0,67	0,17	0,67	0,33	0,17	0,33	0,33	
MO	10,33	13,83	10,00			19,50	13,50	5,83	9,17	9,50	12,17	14,00	14,33				13,83	5,33	9,33	8,50	15,33	12,17	4,33	
AP, C, HP, Sd	1,17	1,17	0,83			1,00	0,50	1,00	0,50	0,67	1,33	0,50	1,83				0,83	0,33	1,33	0,17	1,33	1,50	0,50	
Lre	5,33	4,17	4,00			3,83	6,33	2,33	2,50	1,50	2,50	3,50	2,17				2,33	2,50	2,50	1,17	3,00	2,33	2,17	

10° 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	0,17		0,17	0,17	0,50	0,50	0,17			0,33	0,17			0,17	1,17	0,67	0,17	0,50		0,17	0,17	0,17	0,17	
Lim, VTC, VB	30,83	26,33	29,83	38,50	41,33	40,83	34,83	36,50	27,17	24,17	29,00	23,33	39,83	49,33	51,33	55,33	35,33	41,83	28,50	27,00	24,50	39,83	24,83	14,00
Sab, SFBC	2,00	1,50	2,33	2,00	9,17	7,67	1,83	2,33	1,00	2,50	3,83	2,33	1,83	3,17	8,83	9,83	1,83	2,33	2,50	2,50	0,83	3,33	2,67	1,50
Mxt, DC, DE, DL	0,83	1,33	1,17	1,67	11,50	4,83	2,00	0,83	0,67	0,83	1,00	0,67	0,50	2,33	9,00	10,67	1,33	1,00	0,50	1,17	0,83	1,00	0,83	0,17
Glaz										0,33														
MI			0,33	0,17	0,17	0,17				2,33			0,17	0,50	0,67	1,17		0,17						
Mnut	0,67	0,33	0,17	0,17	0,17		0,17	0,33	0,33	0,17	0,17	0,33	0,33	0,50	0,50	0,17	0,33	0,33	0,17	0,33		0,50	0,17	
MO	19,33	17,00	19,17	11,67	18,83	22,83	11,83	11,83	10,33	11,17	12,50	10,33	13,17	17,67	23,83	27,00	17,50	17,67	9,50	12,50	10,33	15,50	14,33	5,17
AP, C, HP, Sd	1,17	1,00	1,50	1,83	107,33	14,17	1,50	1,00	0,33	1,50	1,00	0,67	1,00	1,67	36,50	18,33	1,67	1,17	0,33	0,50	0,67	1,33	1,33	0,67
Lre	2,17	1,50	3,17	5,17	19,83	7,17	4,17	1,50	1,50	3,17	2,83	2,50	1,67	2,33	18,50	15,67	3,50	3,83	2,00	1,83	2,00	2,17	1,33	1,17

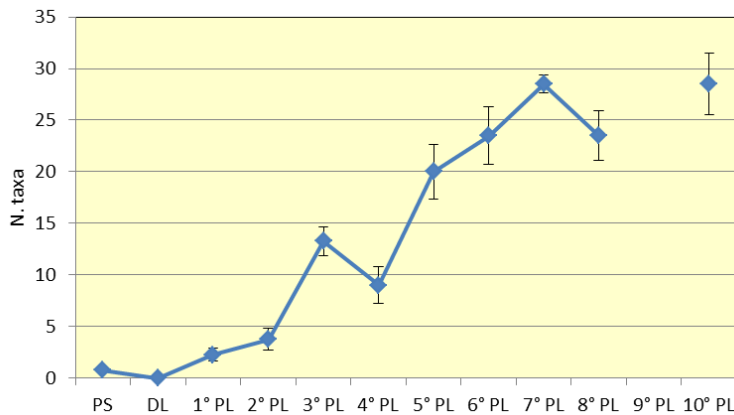


Fig. 3.65 - Numero medio (± e.s.) di taxa di substrato duro o ecologicamente legati ad esso registrato nelle quattro stazioni BO dal pre-survey al 10° monitoraggio post lavori di installazione.

3.7.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica della dominanza sono stati considerati i 31 taxa che nel tempo hanno rappresentato fino all'85% delle comunità bentoniche (9° survey post lavori di installazione), includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.66).

Data la complessità determinata dall'elevato numero di taxa considerati, necessario a causa dell'evoluzione temporale dei popolamenti, per una più facile lettura 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 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 aumentata 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 e nel 2020 *A. ephippium* e *N. cochlear* hanno raggiunto di nuovo percentuali importanti nei siti della piattaforma, assieme allo cnidario *Epizoanthus* sp in BO NW nell'ultimo survey.

Come nei precedenti campionamenti, anche nell'estate 2020 non sono emerse particolari differenze tra le stazioni monitorate lungo i transetti e i controlli, come confermato dalle curve di dominanza cumulativa (fig. 3.67). 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 sono 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 la forte dominanza di *Filograna* sp, mentre nell'ultimo survey la curva di BO SE

ha un'origine più elevata nell'asse delle ordinate rispetto alle altre stazioni BO per la maggiore dominanza dei paraonidi.

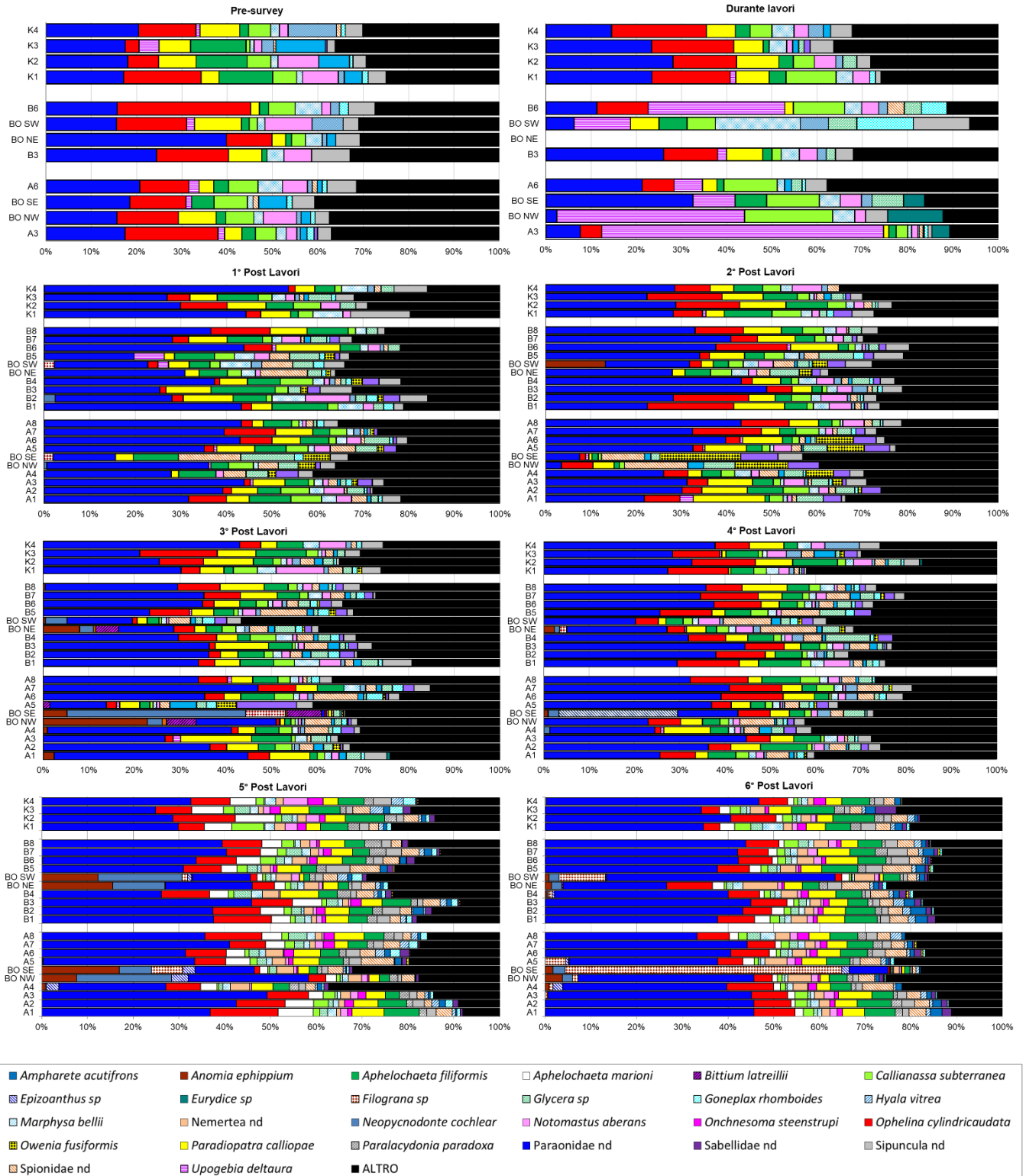


Fig. 3.66 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nell'intero periodo.

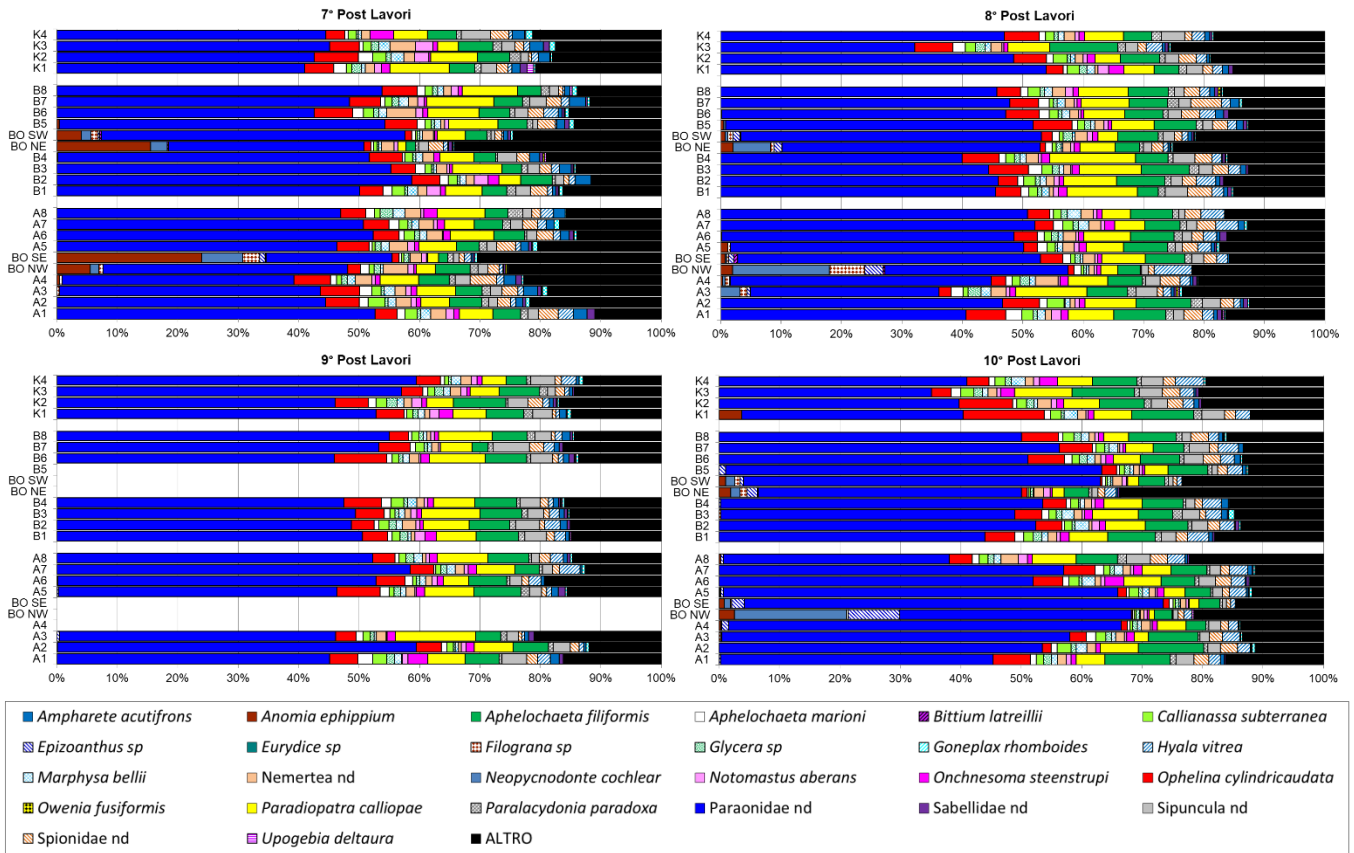


Fig. 3.66 - Continuo.

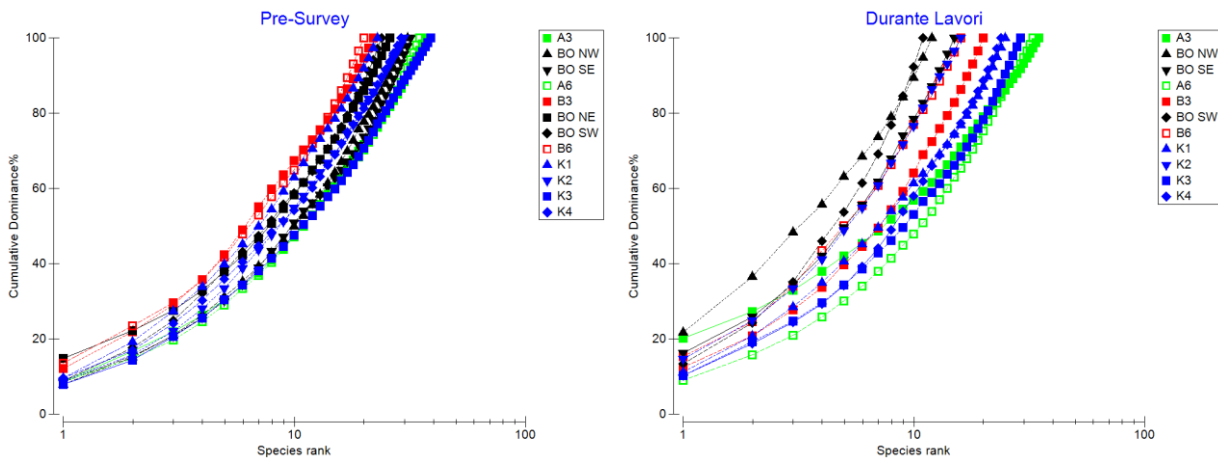


Fig. 3.67 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nell'intero periodo.

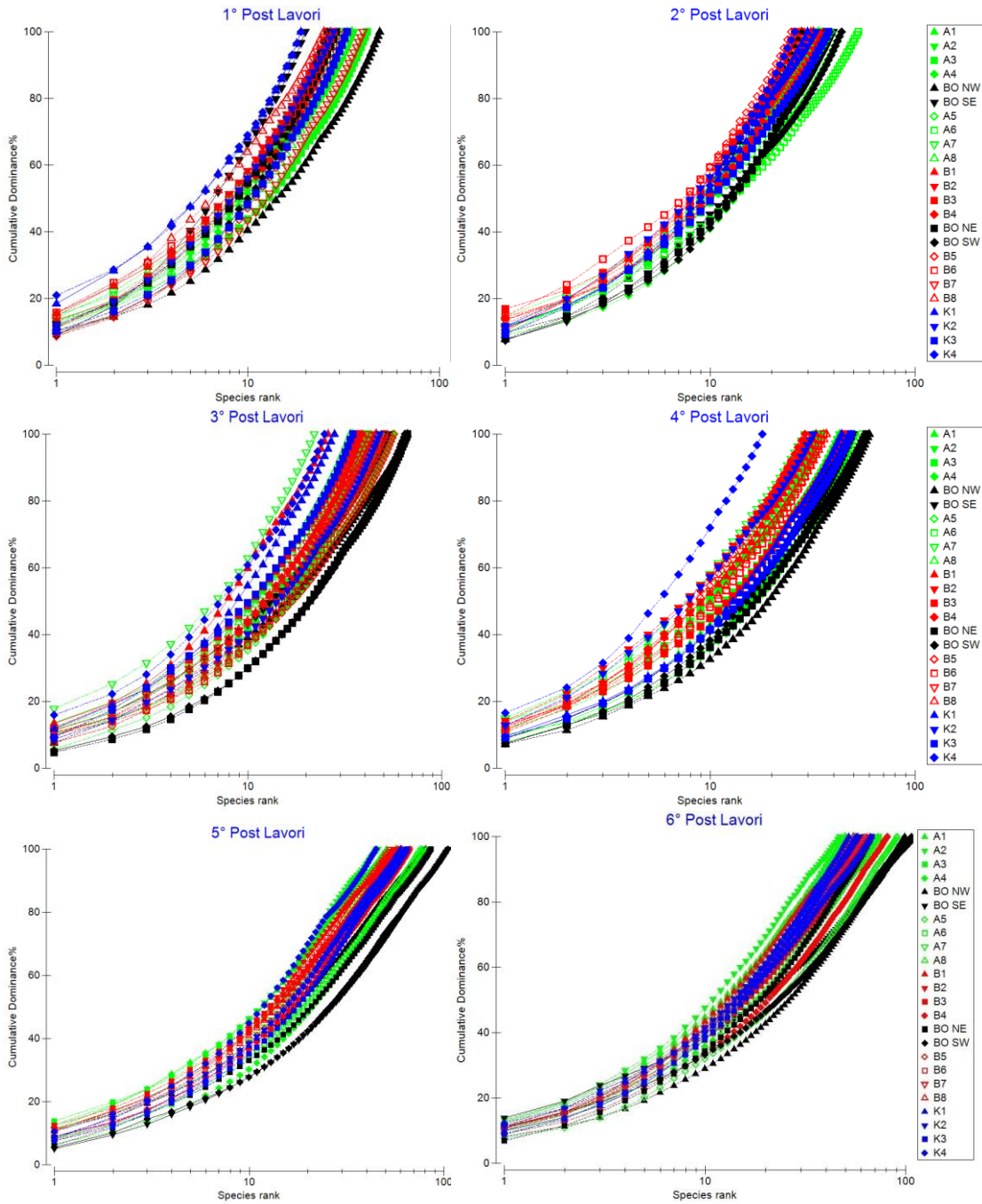


Fig. 3.67 - Continuo.

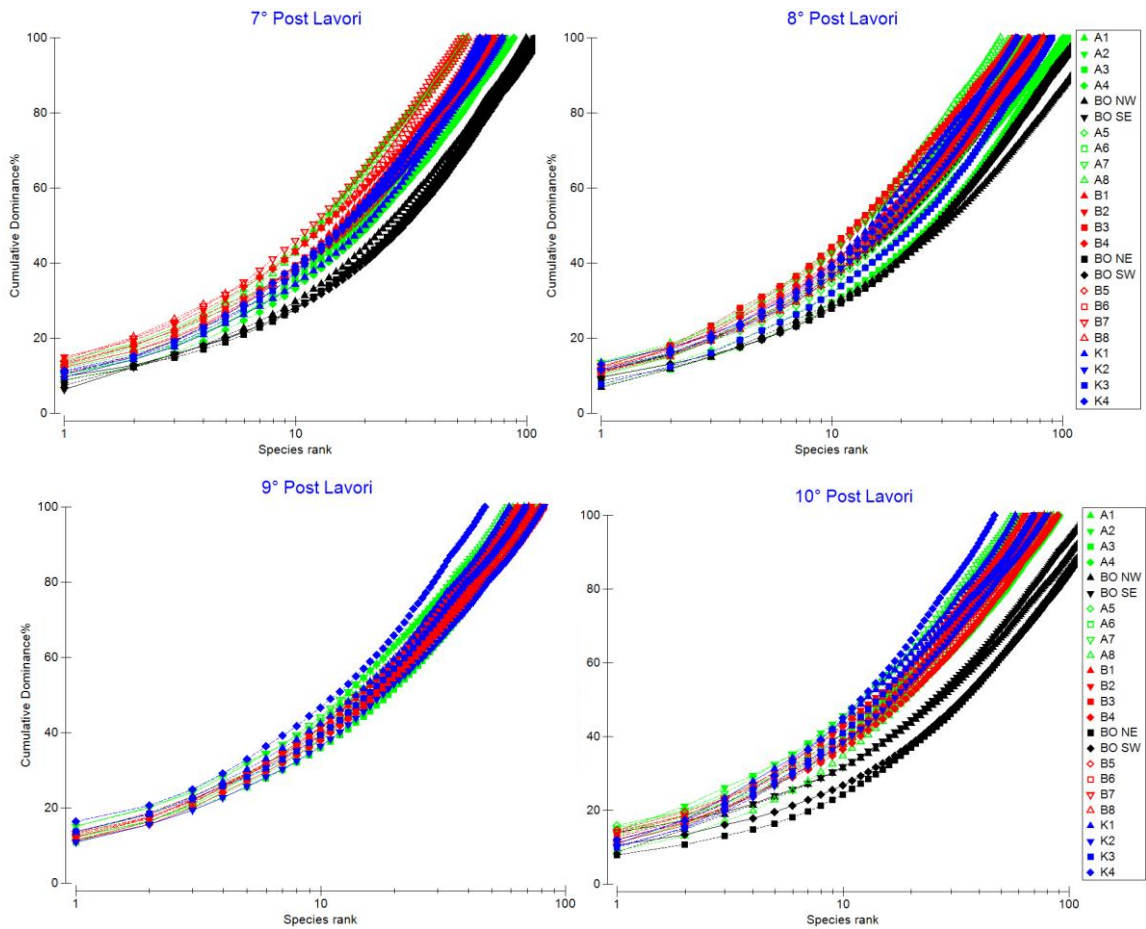


Fig. 3.67 - Continuo.

3.7.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nell'estate 2020 in tutta l'area monitorata sono stati rinvenuti 223 taxa appartenenti prevalentemente ai policheti (81), seguiti dai molluschi e dai crostacei (56 e 52 rispettivamente; Tab. 3-XLIII).

Il quantitativo di taxa raggiunto in quest'ultimo monitoraggio è il terzo più elevato di tutti i campionamenti condotti nella fase di produzione della piattaforma. Il massimo assoluto (243 taxa) era stato raggiunto nell'inverno 2019. La riduzione in estate 2019 è stata determinata dal mancato campionamento dei siti a ridosso della piattaforma (e di due a 30 m di distanza) che, notoriamente, sono quelli maggiormente colonizzati.

Per quanto concerne l'andamento dell'indice (fig. 3.68), lungo ciascun transetto nell'estate 2020 i massimi sono stati raggiunti in corrispondenza di entrambi i siti della piattaforma, con il valore in assoluto più alto dell'intero periodo di indagine in BO NE (156). Le

stazioni A e B eccetto tre situate a 30 m dalla struttura (A4, B4 e B5) e A8 sono tutte rientrate nel range dei controlli compreso tra 47 e 80.

Tab. 3-XLIII – Ripartizione secondo il phylum di appartenenza e totale dei taxa rinvenuti nell'intero periodo. Si ricorda che nell'inverno 2020 (9° post lavori) non sono state campionate le 4 stazioni BO a ridosso della piattaforma e due siti a 30 m di distanza dalla struttura per il lockdown da COVID-19.

	PS	DL	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	5° PL	6° PL	7° PL	8° PL	9° PL	10° PL
Briozoi		1	5	4	6	4	7	9	8	7	6	9
Cnidari	2	2	3	2	6	7	8	9	6	8	5	9
Crostacei	24	16	27	34	44	36	55	51	65	57	34	52
Echinodermi	2		2	5	4	4	6	6	7	10	7	8
Molluschi	14	4	18	14	29	21	42	44	51	53	30	56
Nemertini	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pantopodi				1			1	1	1	1	1	1
Platelminti					1		1	1	1	1		1
Policheti	51	40	64	64	78	78	89	78	98	94	76	81
Poriferi			1		1	1	1	1	1			1
Sipunculidi	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Tunicati					1		1					
Totale	97	67	124	129	175	156	216	205	243	236	164	223

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 5 anni dalla posa in opera il numero di taxa è aumentato fino a 6 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. A conferma di ciò, il numero di taxa esclusivamente censite in un sito è stato massimo nelle strette vicinanze di Bonaccia NW (17 taxa in BO NE), mentre lungo i transetti e nei controlli sono stati osservati al massimo 4 taxa esclusivi (A8).

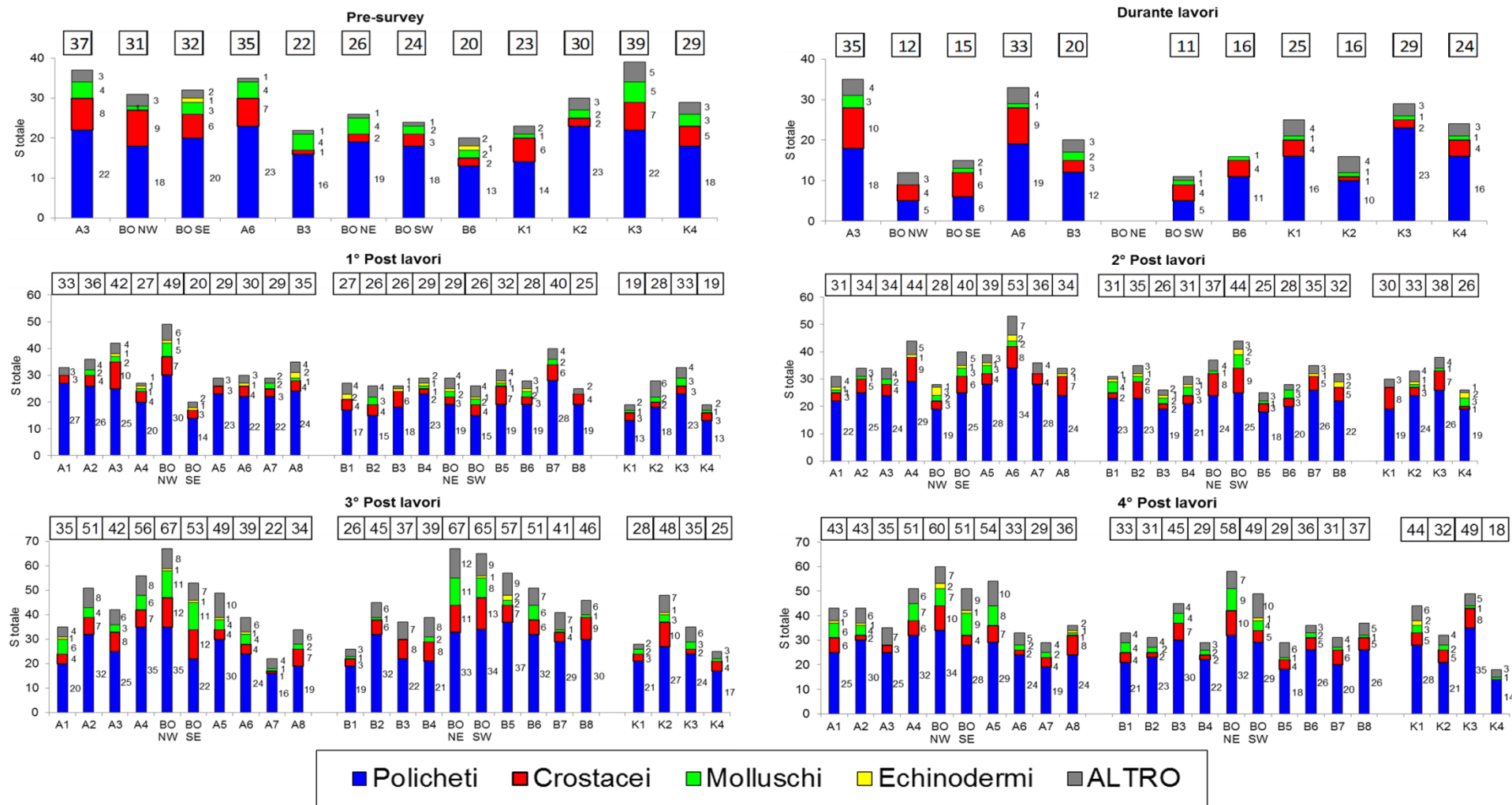


Fig. 3.68 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'intero periodo. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

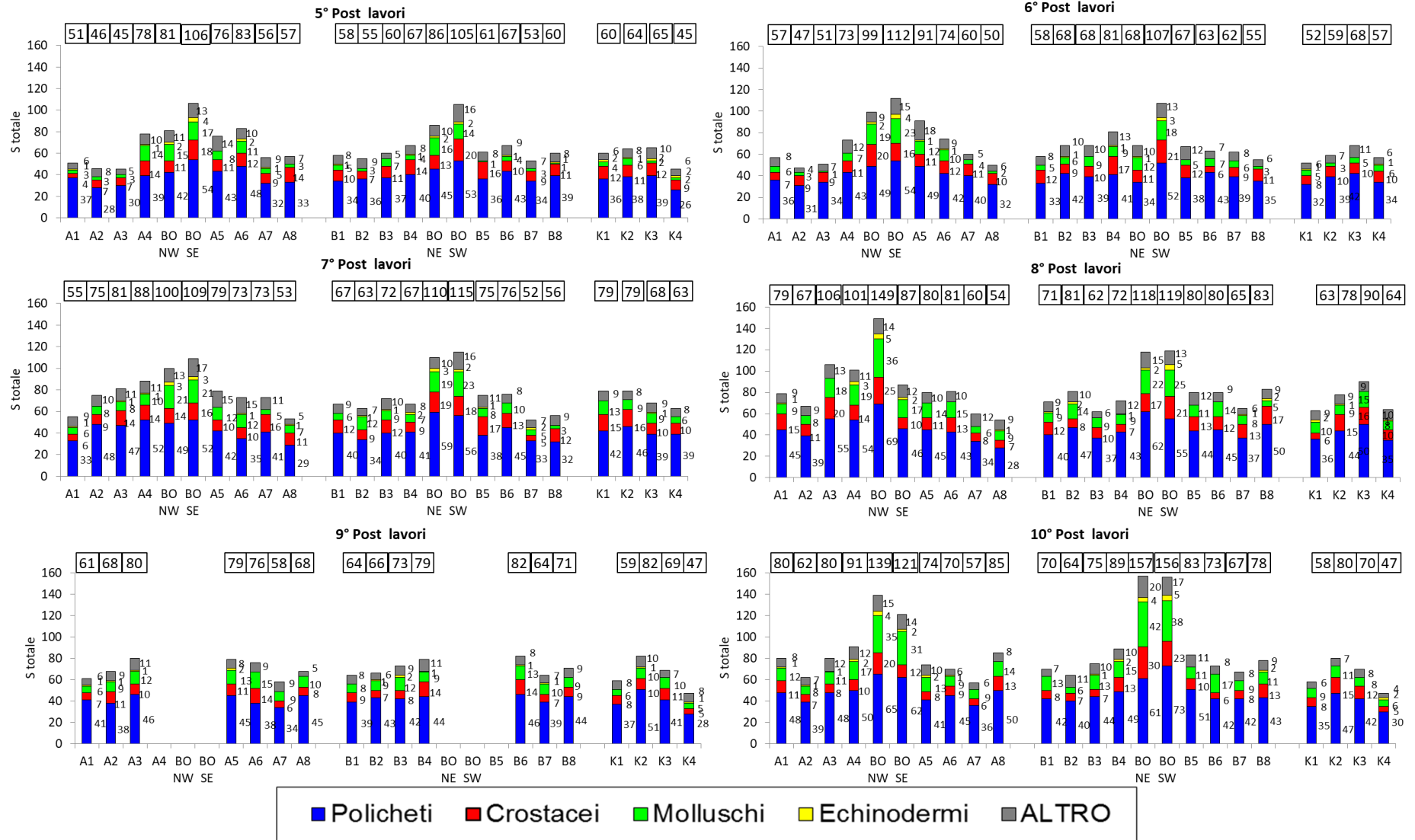


Fig. 3.68 - Continuo.

3.7.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M)

Analogamente ai survey precedenti, anche nel 10° post lavori S_m ha presentato lo stesso trend osservato per la Ricchezza specifica totale (fig. 3.69). I massimi sono stati ottenuti nei siti della piattaforma (BO NW: $66,33 \pm 2,67$; BO SE: $54,00 \pm 3,45$; BO NE: $65,17 \pm 4,68$; BO SW: $67,50 \pm 3,39$), unici valori a non rientrare nel range dei controlli, compreso tra $18,50 \pm 1,18$ (K4) e $36,00 \pm 1,26$ (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. 3.70) 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 si evidenzia il minimo nel sito di piattaforma BO SE ($1,72 \pm 0,14$), determinato proprio dall'elevatissima dominanza di questi policheti (69%), molto simile ai valori rilevati in A4 ($1,83 \pm 0,09$), A5 ($1,77 \pm 0,10$) e B5 ($1,84 \pm 0,11$) anch'essi conseguenti alle percentuali dei paraonidi.

Tutte le altre stazioni nell'area circostante la piattaforma sono rientrate nel range dei controlli, compreso tra $2,28 \pm 0,08$ (K4) e $2,56 \pm 0,04$ (K3).

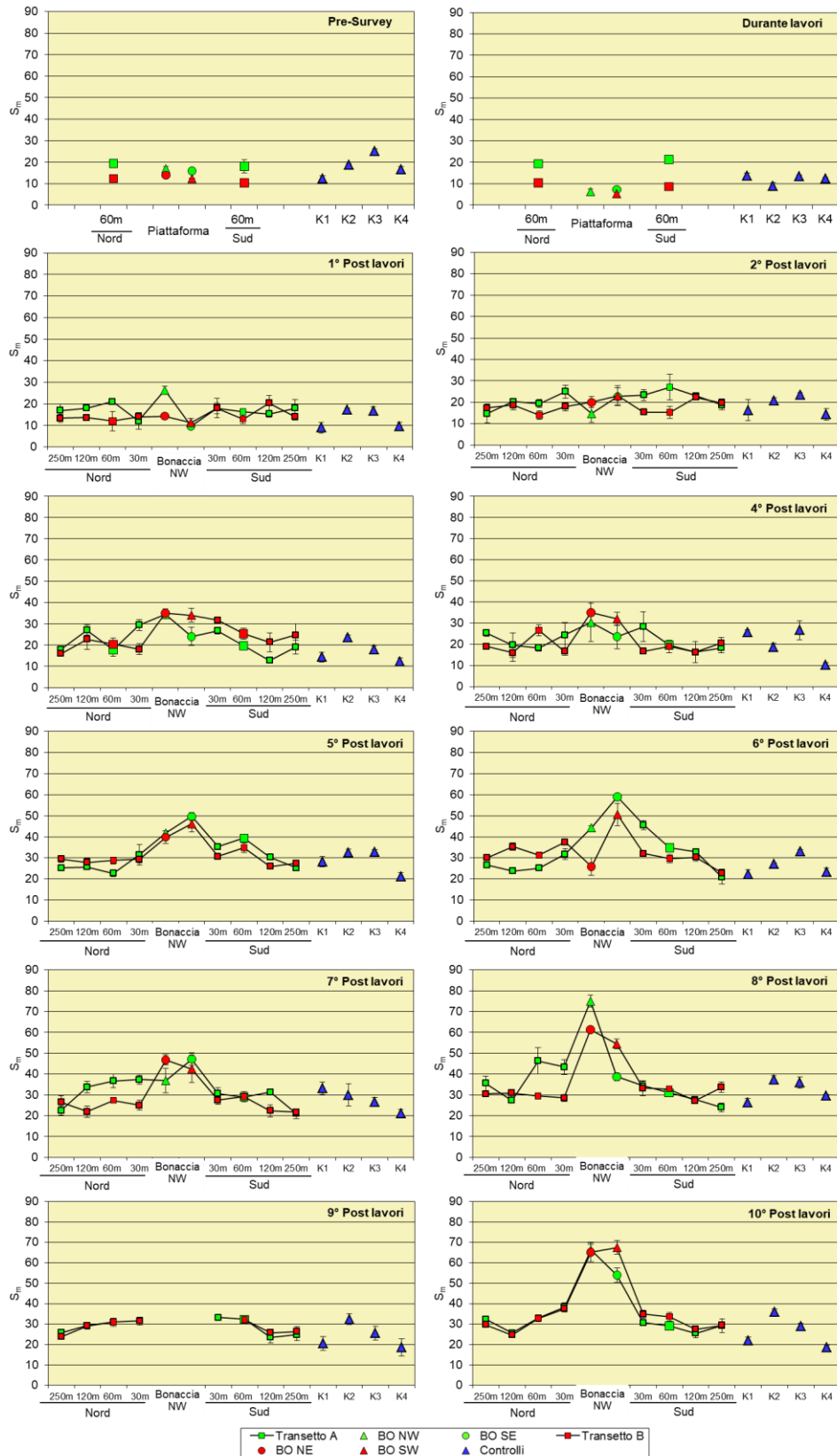


Fig. 3.69 - Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo.

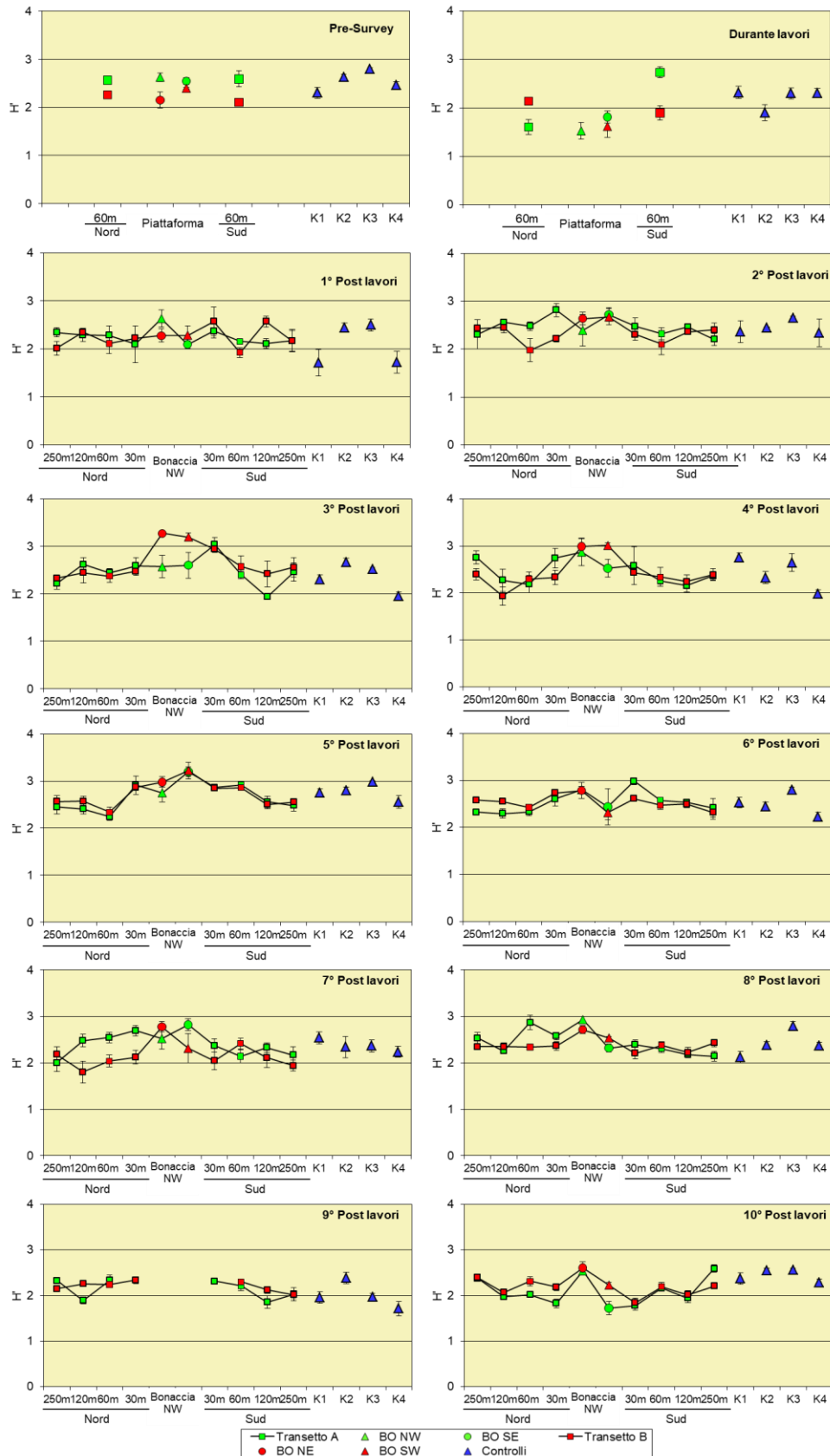


Fig. 3.70 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nell'intero periodo.

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 dal punto di vista temporale e da quello spaziale (figg. 3.71a e 3.71b). Si può infatti notare come le stazioni siano in generale collocate dalla sinistra verso la destra del plotter in base al periodo di campionamento (dal pre-survey all'ultimo monitoraggio) a causa di un aumento dei taxa principali (es. Paraonidae nd, *P. calliope*, *A. filiformis*; figg. 3.71c – 3.71e) e, nel contempo, come i siti corrispondenti alla struttura si distacchino da tutti gli altri a partire dal 3° survey post lavori per la maggiore o esclusiva presenza di specie caratteristiche dei fondali rocciosi (figg. 3.71f - 3.71g).

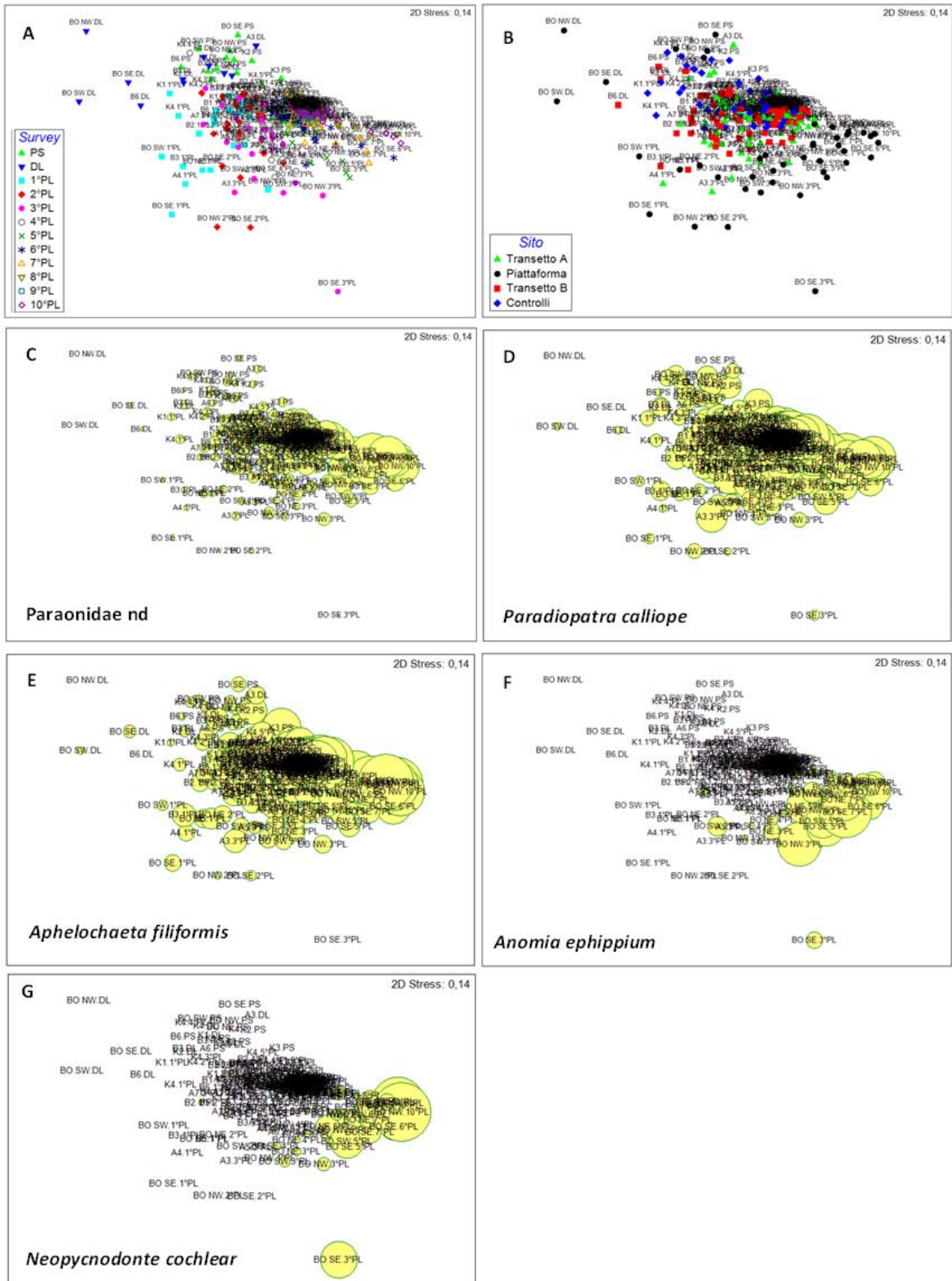


Fig. 3.71 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell'intero periodo tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi gialli indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.6.8. INFLUENZA DELLA PIATTAFORMA BONACCIA NW SUL POPOLAMENTO BENTONICO CIRCOSTANTE

Come anticipato nel Cap. 2.2.6., in quest'ultima fase del monitoraggio si è ritenuto opportuno applicare l'analisi SIMPER per valutare l'effettiva influenza della piattaforma Bonaccia NW sul popolamento bentonico dopo 5 anni dall'entrata in produzione.

Le comunità rilevate alle varie distanze dal punto di installazione nel pre-survey avevano presentato dissimilarità comparabili tra i vari gruppi di stazioni essendo comprese tra il 44 e il 46% (Tab. 3-XLIV), indicatrici di una certa omogeneità principalmente determinata da quantitativi paragonabili dei policheti paraonidi, *A. filiformis*, *O. cylindricaudata*, *P. calliope* e degli altri taxa principali.

Tab. 3-XLIV – Risultati della SIMPER analysis applicata ai popolamenti rinvenuti durante il pre-survey alle varie distanze dal punto di installazione della futura piattaforma. 0 m = punto della futura installazione; K = controlli.

Siti	Dissimilarità (%)
0 m v 60 m	44
60 m v K	45
0 m v K	46

Nell'estate 2020 per quanto concerne i siti BO è interessante osservare l'incremento della dissimilarità all'aumentare della distanza, con il massimo riscontrato con i controlli (54%). Rispetto al pre-survey è aumentata la peculiarità della piattaforma rispetto sia ai siti a 60 m, sia soprattutto ai riferimenti, mentre questi due ultimi gruppi di siti sono diventati più uniformi (Tab. 3-XLV). E' anche emersa una maggiore similarità tra le stazioni posizionate a 30 m e quelle a distanze maggiori inclusi i controlli rispetto ai siti di piattaforma, indicativa di un'influenza sul popolamento bentonico da parte della struttura molto limitata spazialmente.

Tab. 3-XLV – Risultati della SIMPER analysis applicata ai popolamenti rinvenuti nel 10° survey post lavori di installazione (estate 2020) alle varie distanze dalla piattaforma.

	Dissimilarità (%)				
	30 m	60 m	120 m	250 m	Controlli
Bonaccia NW	40	46	49	51	54
30 m		26	30	25	36
60 m			25	27	31
120 m				26	30
250 m					30

In tutti i confronti tra la piattaforma e le varie distanze i principali contributori sono

rappresentati dai paraonidi, più abbondanti a ridosso della struttura, oltre che da organismi tipici di substrato duro rinvenuti esclusivamente, o comunque in quantità maggiori, presso Bonaccia NW (es. *N. cochlear*, *A. ephippium*, *Epizoanthus* sp, *Hiatella arctica*, *Modiolarca subpicta*).

3.7.9. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

3.7.9.1 Indice W di Clarke

Nell'estate 2020 l'indice W di Clarke ha classificato la maggior parte delle stazioni campionate lungo i transetti come moderatamente disturbate, analogamente a BO SE e ai controlli K2 e K3. I restanti siti sono stati classificati come leggermente disturbati (Tab. 3-XLVI). I risultati ottenuti sono per lo più in linea con quelli dell'inverno 2020, durante il quale era stato osservato un peggioramento generalizzato rispetto ai periodi di indagine precedenti. Tale peggioramento non è comunque imputabile alla presenza della piattaforma essendosi verificato anche nei controlli.

3.7.9.2 Indice AMBI

L'indice AMBI nell'estate 2020 ha fornito risultati in linea con i precedenti classificando tutto l'ambiente investigato come leggermente disturbato, confermando un'elevata omogeneità (Tab. 3-XLVII). Come di consueto i taxa indifferenti all'arricchimento organico appartenenti al II gruppo ecologico hanno prevalso ovunque, seguiti da quelli sensibili (I gruppo ecologico). Solo in tre monitoraggi precedenti (5°, 6° e 7° post lavori) era stata rilevata una preponderanza di taxa tolleranti (3° 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.

3.7.9.3 Indice BENTIX

Anche il BENTIX è apparso coerente in estate 2020 con i risultati precedenti. Questo indice ha classificato tutta l'area indagata come moderatamente disturbata eccetto la stazione BO NW risultata lievemente disturbata come indicato dai due indici precedenti (Tab. 3-XLVIII).

3.7.9.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XLIX 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 per lo più moderato nell'area circostante la piattaforma, con tre siti in cui lo stato è risultato buono/moderato (A3, B4 e B8) e uno in cui lo stato è risultato buono (BO NW). Anche ai controlli lo stato ecologico è risultato buono/moderato o moderato.

E' interessante notare che nel corso del tempo presso Bonaccia NW non si sono verificate mai situazioni peggiori rispetto ai riferimenti (fig. 3.72). Anzi, a volte lo stato ecologico dei siti della piattaforma è risultato migliore rispetto a quello dei controlli.

Tab. 3-XLVI – 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			

Tab. 3-XLVI – Continuo.

Stazione	W	Classificazione ambientale	Stazione	W	Classificazione ambientale	Stazione	W	Classificazione ambientale			
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			

Stazione	W	Classificazione ambientale	Stazione	W	Classificazione ambientale		
9° Post lavori	A1	0,227	Moderatamente disturbato	10° Post lavori	A1	0,260	Moderatamente disturbato
	A2	0,212	Moderatamente disturbato		A2	0,296	Moderatamente disturbato
	A3	0,349	Leggermente disturbato		A3	0,303	Leggermente disturbato
	A4				A4	0,210	Moderatamente disturbato
	BO NW				BO NW	0,342	Leggermente disturbato
	BO SE				BO SE	0,278	Moderatamente disturbato
	A5	0,248	Moderatamente disturbato		A5	0,232	Moderatamente disturbato
	A6	0,184	Moderatamente disturbato		A6	0,282	Moderatamente disturbato
	A7	0,292	Moderatamente disturbato		A7	0,238	Moderatamente disturbato
	A8	0,227	Moderatamente disturbato		A8	0,219	Moderatamente disturbato
	B1	0,194	Moderatamente disturbato		B1	0,216	Moderatamente disturbato
	B2	0,272	Moderatamente disturbato		B2	0,254	Moderatamente disturbato
	B3	0,330	Leggermente disturbato		B3	0,272	Moderatamente disturbato
	B4	0,236	Moderatamente disturbato		B4	0,378	Leggermente disturbato
	BO NE				BO NE	0,323	Leggermente disturbato
	BO SW				BO SW	0,328	Leggermente disturbato
B5			B5	0,245	Moderatamente disturbato		
B6	0,150	Moderatamente disturbato	B6	0,286	Moderatamente disturbato		
B7	0,253	Moderatamente disturbato	B7	0,211	Moderatamente disturbato		
B8	0,216	Moderatamente disturbato	B8	0,455	Leggermente disturbato		
K1	0,282	Moderatamente disturbato	K1	0,426	Leggermente disturbato		
K2	0,240	Moderatamente disturbato	K2	0,215	Moderatamente disturbato		
K3	0,212	Moderatamente disturbato	K3	0,270	Moderatamente disturbato		
K4	0,363	Leggermente disturbato	K4	0,471	Leggermente disturbato		

Tab. 3-XLVII – 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
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

Tab. 3-XLVII – Continuo.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale	
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	
	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	

Tab. 3-XLVII – Continuo.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
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
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

Tab. 3-XLVII – Continuo.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
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	
9° Post lavori	A1	29,80	53,30	13,90	2,90	0,20	1,35	Leggermente disturbato
	A2	21,70	64,70	12,30	1,30	0	1,40	Leggermente disturbato
	A3	32,60	54,10	10,70	2,60	0	1,25	Leggermente disturbato
	A4							
	BO NW							
	BO SE							
	A5	28,70	55,40	13,30	2,50	0,10	1,35	Leggermente disturbato
	A6	25,90	59,40	13,10	1,70	0	1,36	Leggermente disturbato
	A7	24,50	64,60	9,80	1,20	0	1,31	Leggermente disturbato
	A8	24,20	61,00	13,10	1,70	0	1,38	Leggermente disturbato
	B1	26,40	58,00	13,90	1,50	0,20	1,36	Leggermente disturbato
	B2	27,50	56,30	14,10	2,00	0,10	1,37	Leggermente disturbato
	B3	27,30	56,90	13,00	2,10	0,70	1,38	Leggermente disturbato
	B4	28,00	55,90	13,20	2,90	0	1,37	Leggermente disturbato
	BO NE							
	BO SW							
B5								
B6	31,40	53,00	13,30	2,10	0	1,30	Leggermente disturbato	
B7	27,60	60,80	10,60	1,00	0	1,27	Leggermente disturbato	
B8	23,60	63,40	11,40	1,30	0,30	1,37	Leggermente disturbato	
K1	23,20	63,10	12,40	1,30	0	1,38	Leggermente disturbato	
K2	24,40	55,80	17,40	2,10	0,30	1,47	Leggermente disturbato	
K3	19,50	64,10	14,50	1,80	0,10	1,49	Leggermente disturbato	
K4	21,80	66,20	10,70	1,30	0	1,37	Leggermente disturbato	

Tab. 3-XLVII – Continuo.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
10° Post lavori	A1	24,60	54,40	18,90	1,90	0,10	1,48	Leggermente disturbato
	A2	17,60	61,00	19,20	2,10	0	1,59	Leggermente disturbato
	A3	18,30	64,10	15,30	2,30	0	1,52	Leggermente disturbato
	A4	18,90	71,00	8,60	1,20	0	1,39	Leggermente disturbato
	BO NW	32,00	56,20	9,80	1,70	0,20	1,23	Leggermente disturbato
	BO SE	13,50	76,70	7,80	1,80	0,20	1,48	Leggermente disturbato
	A5	17,20	70,80	10,10	2,00	0	1,45	Leggermente disturbato
	A6	25,30	59,60	13,40	1,60	0	1,38	Leggermente disturbato
	A7	21,50	64,00	12,10	2,10	0	1,43	Leggermente disturbato
	A8	29,80	48,00	20,10	2,10	0	1,42	Leggermente disturbato
	B1	25,10	54,30	17,50	3,10	0	1,48	Leggermente disturbato
	B2	22,20	60,70	15,20	1,70	0,20	1,45	Leggermente disturbato
	B3	24,80	58,90	11,90	3,50	0,90	1,45	Leggermente disturbato
	B4	22,40	61,10	13,60	2,50	0	1,46	Leggermente disturbato
	BO NE	30,30	54,80	13,00	1,70	0,20	1,30	Leggermente disturbato
	BO SW	18,80	67,70	11,00	2,30	0,20	1,46	Leggermente disturbato
	B5	16,30	69,20	12,60	1,80	0	1,51	Leggermente disturbato
	B6	22,80	60,00	14,90	2,00	0	1,45	Leggermente disturbato
	B7	22,70	65,00	10,00	2,00	0	1,38	Leggermente disturbato
	B8	21,40	60,30	16,60	1,70	0	1,48	Leggermente disturbato
	K1	33,80	45,70	18,00	2,20	0	1,34	Leggermente disturbato
	K2	29,40	50,80	17,60	1,40	0,80	1,40	Leggermente disturbato
	K3	32,20	45,20	18,50	2,30	1,80	1,44	Leggermente disturbato
	K4	25,80	54,40	17,10	1,70	1,00	1,47	Leggermente disturbato

Tab. 3-XLVIII – 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	A1	3,60	Leggermente disturbato	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	A1	3,40	Moderatamente disturbato	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

Tab. 3-XLVIII – Continuo.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
A1	3,20	Moderatamente disturbato	A1	2,94	Moderatamente disturbato	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

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
A1	3,11	Moderatamente disturbato	A1	3,18	Moderatamente disturbato
A2	2,74	Moderatamente disturbato	A2	2,83	Moderatamente disturbato
A3	3,22	Moderatamente disturbato	A3	2,83	Moderatamente disturbato
A4			A4	2,85	Moderatamente disturbato
BO NW			BO NW	3,90	Leggermente disturbato
BO SE			BO SE	2,70	Moderatamente disturbato
A5	3,09	Moderatamente disturbato	A5	2,73	Moderatamente disturbato
A6	2,71	Moderatamente disturbato	A6	3,14	Moderatamente disturbato
A7	2,84	Moderatamente disturbato	A7	2,95	Moderatamente disturbato
A8	2,89	Moderatamente disturbato	A8	3,30	Moderatamente disturbato
B1	3,02	Moderatamente disturbato	B1	3,13	Moderatamente disturbato
B2	3,00	Moderatamente disturbato	B2	3,03	Moderatamente disturbato
B3	3,07	Moderatamente disturbato	B3	3,12	Moderatamente disturbato
B4	3,12	Moderatamente disturbato	B4	2,95	Moderatamente disturbato
BO NE			BO NE	3,31	Moderatamente disturbato
BO SW			BO SW	2,88	Moderatamente disturbato
B5			B5	2,67	Moderatamente disturbato
B6	3,34	Moderatamente disturbato	B6	2,99	Moderatamente disturbato
B7	2,96	Moderatamente disturbato	B7	3,03	Moderatamente disturbato
B8	2,84	Moderatamente disturbato	B8	3,06	Moderatamente disturbato
K1	2,74	Moderatamente disturbato	K1	3,51	Moderatamente disturbato
K2	2,95	Moderatamente disturbato	K2	3,43	Moderatamente disturbato
K3	2,75	Moderatamente disturbato	K3	3,48	Moderatamente disturbato
K4	2,66	Moderatamente disturbato	K4	3,28	Moderatamente disturbato

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

	Stazione	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
		Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
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
Durante lavori	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
	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

Tab. 3-XLIX - Continuo.

	Stazione	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
		Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
10° Post lavori	A1	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	A2	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	A4	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	BO NW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	BO SE	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	A5	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	A6	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	A7	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	A8	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	B1	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	B2	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	B3	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	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	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	B5	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	B6	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	B7	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	B8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato	
K2	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato	
K3	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato	
K4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato	

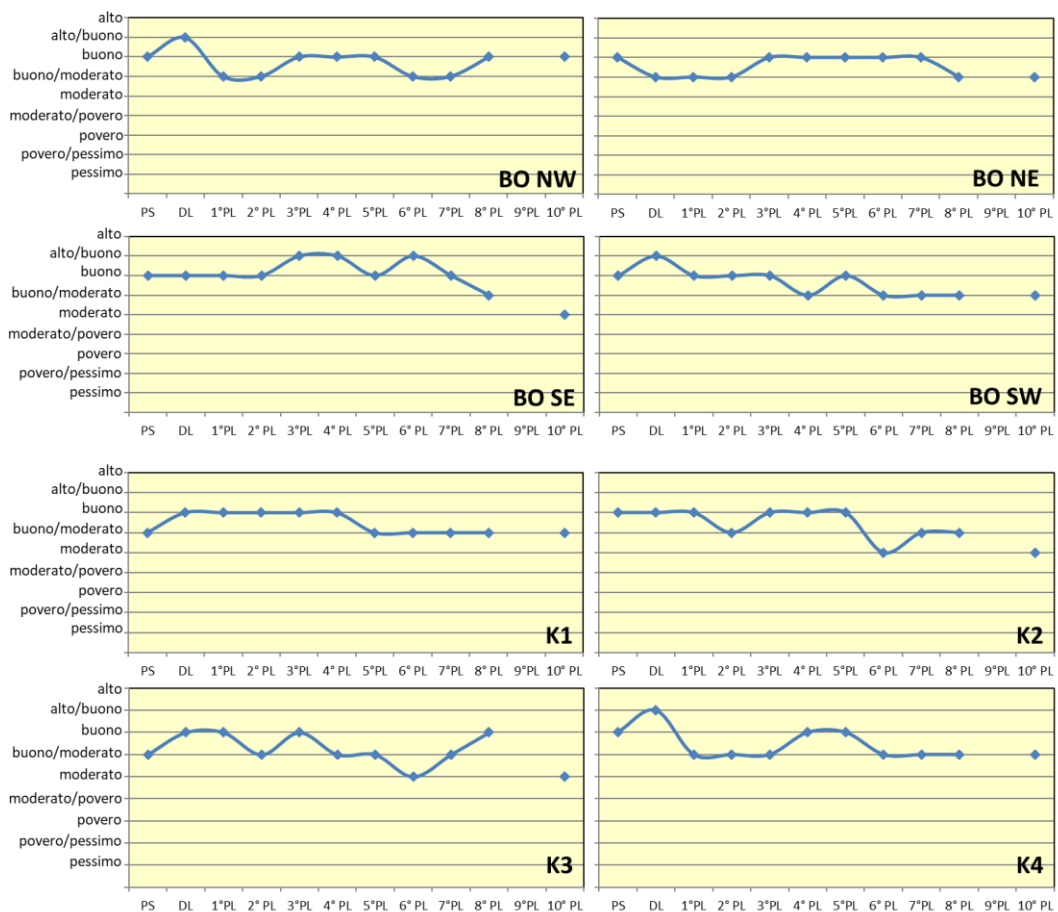


Fig. 3.72 - Andamento dello stato ecologico nei siti BO adiacenti alla piattaforma e nei controlli.

3.7.10. *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. 3.73). 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.

Nell'estate 2019 il campione era costituito da 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.

In inverno 2020 non è stato possibile disporre di un campione da analizzare a causa dell'emergenza COVID-19. In estate, invece il campionamento è stato effettuato regolarmente e sono stati raccolti 116 esemplari corrispondenti a 7,25 ind/dm² aventi un peso fresco di 3,2 kg. Le taglie sono variate tra 18 e 80 mm LC e la classe modale è stata registrata a 64 mm LC; il 97% degli individui aveva raggiunto o superato la taglia commerciale. Come nell'estate 2019, anche in quella del 2020 è stato rilevato un piccolo reclutamento.

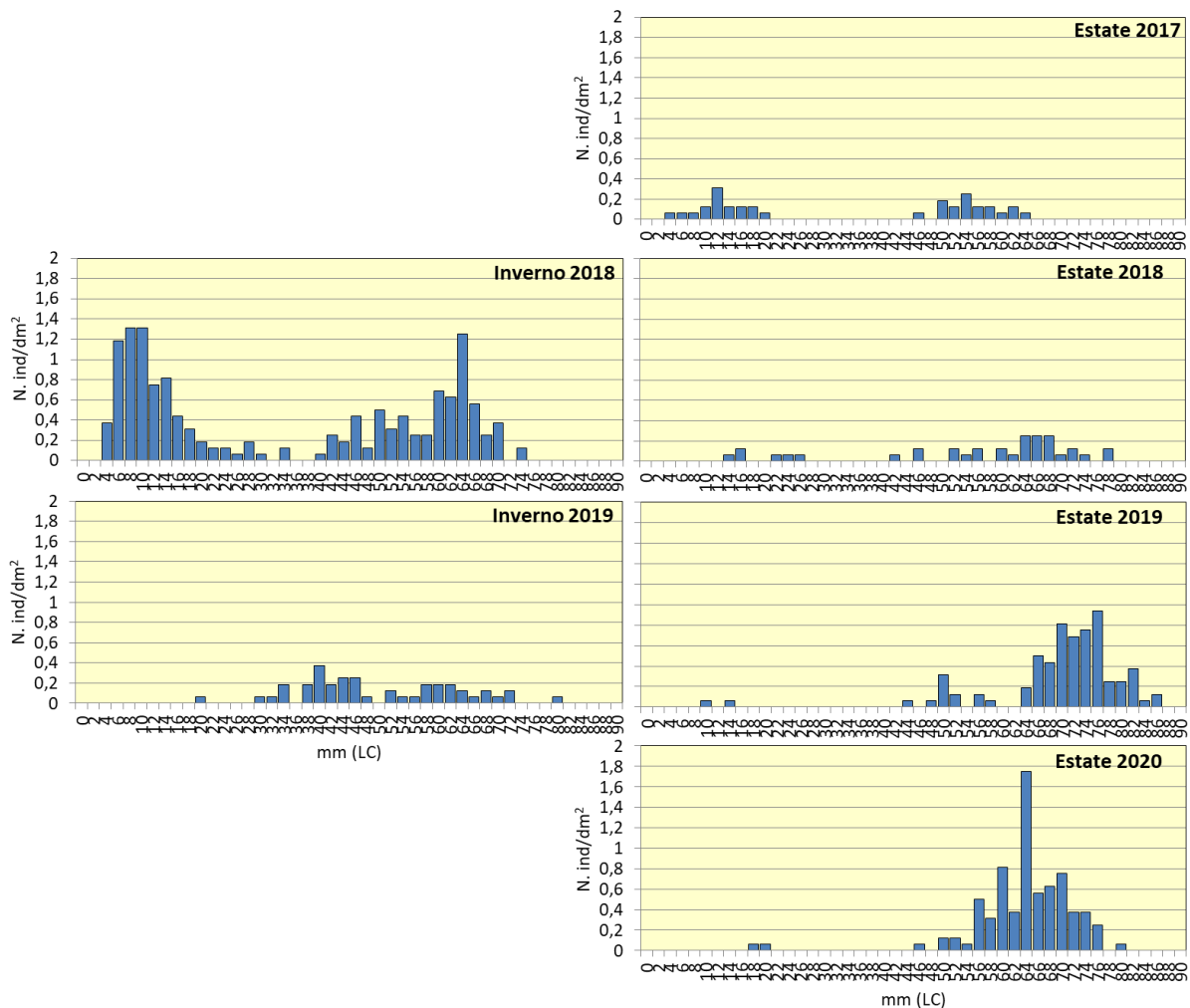


Fig. 3.73 - Distribuzione di frequenza delle lunghezze degli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati dalle parti sommerse di Bonaccia NW dall'estate 2017 all'estate 2020.

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 67 specie: 53 pesci, 5 molluschi e 9 crostacei.

Di queste, 62 (50 pesci, 5 molluschi e 7 crostacei) sono comparse nelle catture effettuate nei pressi della piattaforma, 41 specie sono state censite presso C1 (33 pesci, 2 molluschi e 6 crostacei) e 39 in C2 (34 pesci, 2 molluschi e 3 crostacei; Tabb. 3-L – 3-LII).

Esclusivamente presso il sito di estrazione sono stati catturati i molluschi *Aequipecten opercularis*, *Octopus vulgaris* e *Illex coindetii*, i crostacei *Calappa granulata*, *Dromia personata* e *Palinurus elephas* e i pesci *Belone belone*, *Conger conger*, *Eutrigla gurnardus*, *Liza ramado*, *Lophius piscatorius*, *Mullus surmuletus*, *Polyprion americanus*, *Scophthalmus rhombus*, *Scorpaena porcus*, *Seriola dumerili*, *Serranus cabrilla*, *Serranus hepatus* e *Spondilyosoma cantharus*. Per quanto riguarda i siti di controllo, in C1 sono state registrate catture esclusive dei crostacei *Munida rugosa* e *Scyllarus arctus* e del pesce *Zeus faber*, mentre il pesce *Psetta maxima* è stato censito solo in C2.

La Ricchezza specifica totale media (S_{totm}) è risultata statisticamente superiore presso la piattaforma rispetto ai controlli (Tabb. 3-LIII e 3-LIV). Anche dal punto di vista stagionale questo indice è stato sempre superiore presso Bonaccia NW, eccetto nelle stagioni estive 2018 e 2020 e nell'inverno 2019 quando è apparso comparabile con uno o entrambi i controlli (fig. 3.74).

Nei pressi della piattaforma il valore di S_{mstag} ha registrato oscillazioni stagionali ripetutesi nei primi tre anni di monitoraggio e nell'ultimo, quando nei mesi invernali sono stati registrati valori più alti e massimi annui nel 2017 e 2018 ($15,67 \pm 3,48$ e $13,33 \pm 2,03$, rispettivamente), comunque comparabili a quelli di altre stagioni per l'elevata variabilità. Il 2019 è stato caratterizzato invece da un progressivo incremento dall'inverno, quando è stato raggiunto il minimo assoluto dell'intero periodo ($4,50 \pm 1,50$), molto simile all'estate 2018, sino all'autunno ($13,00 \pm 1,00$), mentre nel 2020 dopo una riduzione nella prima stagione è avvenuto un aumento in primavera e una stabilizzazione dei valori negli ultimi 6 mesi.

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

Bonaccia NW			2016				2017				2018				2019				2020				TOTALE									
			I	P	E	A	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)				
Crostacei																																
<i>Dromia personata</i>	B	AT																											1,68	0,01		
<i>Palinurus elephas</i>	B	AT																											3,36	1,12		
<i>Calappa granulata</i>	B	NA																											3,33	0,92		
<i>Maja squinado</i>	B	NA																											1,68	1,45		
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA	3,06	0,11			8,83	0,66	1,13	0,08	14,85	1,38																	1,68	0,24		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA			2,73	0,03	2,11	0,01	1,13	0,01	9,71	0,07	5,05	0,02	1,80	0,23													8,39	0,10		
<i>Squilla mantis</i>	B	NA	3,06	0,13			2,11	0,17	2,82	0,14	9,71	0,36																	1,68	0,08		
Crostacei Totale			6,13	0,24	2,73	0,03	13,04	0,85	5,09	0,23	34,27	1,80	5,05	0,02	9,02	0,27													10,07	0,20		
Molluschi																																
<i>Octopus vulgaris</i>	B	AT					2,24	6,28	1,13	2,45	2,47	4,32																				
<i>Aequipecten opercularis</i>	B	NA	18,38	0,17	3,71	0,04	4,21	0,08			2,29	0,07			9,02	0,24															1,80	2,49
<i>Cassidaria echinophora</i>	B	NA									2,47	0,19																				
<i>Eledone cirrhosa</i>	B	PA			2,73	0,73	2,47	1,63	2,82	0,68			18,00	9,49																		
<i>Illex coindatii</i>	P	NA	2,50	0,14			4,49	0,35			2,29	0,21																				
Molluschi Totale			20,88	0,31	6,44	0,77	13,41	8,34	3,96	3,12	9,52	4,78	18,00	9,49	9,02	0,24	1,80	2,49											11,75	3,93		
Pesci																																
<i>Conger conger</i>	B	AT																														
<i>Mullus surmuletus</i>	B	AT	3,38	0,42							4,76	0,27																				
<i>Polypriion americanus</i>	B	AT					2,11	3,07																								
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	2,50	0,04	2,73	0,10	2,24	0,12	12,94	0,53	9,00	0,39																				
<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT	2,50	0,56	6,24	0,78	11,54	1,45	2,47	0,43	20,05	2,37	5,41	1,14																		
<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT	6,44	4,14	6,44	6,69	4,58	2,02	2,82	2,62	4,76	1,32																				
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA					2,47	0,05	3,96	2,66																						
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA	3,06	0,19																												
<i>Eutrigla gurnardus</i>	B	NA	3,38	0,07																												
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	B	NA																														
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA					2,24	0,89			9,71	12,42	5,53	7,04																		
<i>Lophius piscatorius</i>	B	NA			3,71	1,41	2,11	0,08			5,34	5,75																				
<i>Microchirus variegatus</i>	B	NA																														
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA									2,47	0,07																				
<i>Phycis blennoides</i>	B	NA	3,38	2,19	2,53	1,18	4,21	2,93	3,96	1,01	2,47	0,26	9,00	3,21	1,80	0,36																
<i>Raja asterias</i>	B	NA					4,21	3,33			2,29	1,40																				
<i>Raja miraletus</i>	B	NA																														
<i>Scophthalmus rhombus</i>	B	NA																														
<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA																														
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	B	NA																														
<i>Solea solea</i>	B	NA																														
<i>Squalus acanthias</i>	B	NA																														
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA	5,00	5,85	3,71	1,57			1,13	0,37	2,76	0,77																				
<i>Trachinus draco</i>	B	NA			2,73	0,08																										
<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA																														
<i>Phycis phycis</i>	B	PA																														
<i>Spondilyosoma cantharus</i>	NB	AT					2,11	0,31			2,47	0,64																				
<i>Merlangius merlangus</i>	NB	NA	2,50	0,17																												
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	17,57	6,27	7,58	2,59	43,96	16,81	3,40	1,35	19,61	8,53	28,58	11,58	10,59	3,50																

Tab. 3-L - Continuo.

Bonaccia NW			2016								2017								2018								2019								2020								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)																		
Pesci																																																		
<i>Pagellus acarne</i>	NB	NA					1,13	0,07	2,47	0,16	6,00	0,35	5,41	0,32																				35,16	2,34															
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA	140,46	11,27	3,71	0,34	8,93	0,46	3,96	0,12			10,44	0,35	1,80	0,09					11,75	0,62			3,64	0,12			1,68	0,12	10,07	0,63			3,36	0,16	191,40	13,74												
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA											9,00	1,83							1,68	0,05					5,03	0,23	10,07	0,97			3,36	0,19	10,07	0,56	61,28	5,28												
<i>Serranus cabrilla</i>	NB	PA																																1,68	0,06			11,75	0,70	10,07	0,45	1,68	0,06							
<i>Serranus hepatus</i>	NB	PA											3,00	0,11																									3,00	0,11										
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	14,26	0,42	21,42	0,56	6,45	0,21	15,25	1,07	17,89	0,58	6,00	0,25	12,32	0,48	7,09	0,28	5,03	0,23	5,03	0,09	15,10	0,28	5,03	0,15	2,29	0,09	1,82	0,05	8,42	0,30	5,03	0,22			1,68	0,49	153,48	5,43										
<i>Seriola dumerilii</i>	P	AT					18,95	6,42																																	20,63	6,91								
<i>Alisa fallax fallax</i>	P	NA													1,80	1,00					1,68	2,01																			3,48	3,01								
<i>Auxis rochei rochei</i>	P	NA																																								2,22	0,10							
<i>Belone belone</i>	P	NA													8,63	0,65																											8,63	0,65						
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	113,88	1,67					2,82	0,03	12,37	0,13																																		389,25	6,84			
<i>Sardina pilchardus</i>	P	NA																																													3,36	0,09		
<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	16,78	1,18	25,17	2,52	1,68	0,12	11,75	0,82	1907,96	134,52						
<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			5,03	1,05	320,56	87,51	27,91	9,69	3,36	0,66			37,94	6,42	41,33	7,22	20,14	3,45					6,71	1,59			1,68	0,28	704,17	160,96				
<i>Scomber scombrus</i>	P	PA	9,19	1,52																																												17,12	2,73	
<i>Spicara maena</i>	P	PA							2,82	0,08	7,42	0,23																																					33,67	1,00
<i>Spicara smaris</i>	P	PA																																															3,36	0,10
<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																											6,71	1,22
<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					6,71	1,22			6,71	0,35	164,53	12,92				
<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	1,68	0,07	6,71	0,53			5,03	0,30	1494,59	106,62				
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	31,89	2,30	93,99	12,40	62,06	10,43	72,17	7,58	6543,83	829,50						
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	31,89	2,30	100,70	13,67	72,09	10,92	77,20	7,79	6799,55	885,48						

Tab. 3-LIII - 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	9,78 \pm 0,53	3,27 \pm 0,26	3,58 \pm 0,27
H'_m	0,73 \pm 0,02	0,40 \pm 0,03	0,44 \pm 0,04
N_m	123,63 \pm 20,38	9,43 \pm 0,93	11,25 \pm 1,36
P_m	16,09 \pm 2,33	2,54 \pm 0,36	2,83 \pm 0,46

Tab. 3-LIV – 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	
Sito	2	Anova	Comp.test	K-W	Comp.test	Anova	Comp.test	Anova	Comp.test
		<0,001**	P> C1;C2	<0,001**	P> C1;C2	<0,001**	P> C1;C2	<0,001**	P> C1;C2
Anno	4	Anova		K-W	Comp.test	Anova		Anova	Comp.test
		0,819		0,003*	2020>2017; 2018;2019	0,277		0,009*	2016>2020
SitoXAnno	8	Anova 2 vie							
		0,097		0,347		0,021*		0,016*	

I trend dei controlli sono apparsi più regolari, con valori comparabili tra loro per tutto il periodo di monitoraggio ad eccezione dell'inverno 2016, dell'estate 2018 e dell'inverno 2020.

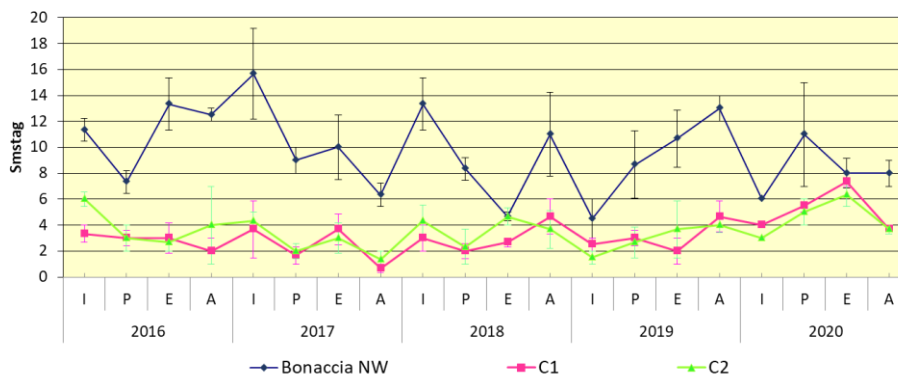


Fig. 3.74 - Ricchezza specifica media stagionale (\pm e.s.) ottenuta per la piattaforma e i due siti di controllo. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Anche la Diversità specifica media di Shannon-Weaver (H') relativa all'intero periodo di campionamento è risultata statisticamente superiore presso la piattaforma rispetto ai

controlli (Tabb. 3-LIII e 3-LIV). E' stata anche evidenziata una differenza significativa tra i valori di H' ottenuti nel 2020 e quelli del 2017, 2018 e 2019.

Anche i valori stagionali dell'indice sono stati spesso maggiori presso la struttura (fig. 3.75). L'andamento della piattaforma, ma anche quelli dei riferimenti, è stato piuttosto altalenante e la variabilità elevata. L'indice è risultato nullo in C1 nell'autunno 2017 a causa del rinvenimento nelle catture di due sole specie (Tab. 3-LI).

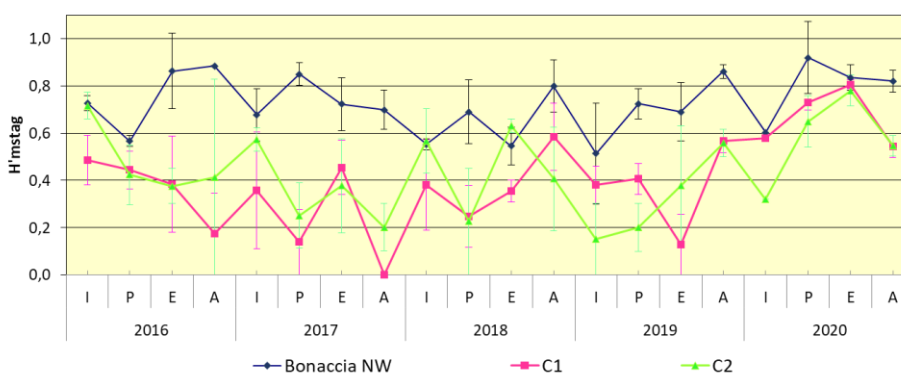


Fig. 3.75 - Diversità specifica media stagionale (\pm e.s.) ottenuta per la piattaforma e i due siti di controllo. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

3.8.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture

Presso la piattaforma Bonaccia NW i rendimenti di pesca medi, calcolati sui cinque anni di monitoraggio (2016 - 2020), sono risultati nettamente superiori sia in termini numerici che ponderali rispetto ai siti di controllo, come evidenziato dall'analisi statistica secondo la quale le differenze sono altamente significative tra la piattaforma ed entrambi i riferimenti (Tabb. 3-LIII e 3-LIV).

Il trend relativo al numero di esemplari pescati nei pressi della struttura ha evidenziato variazioni importanti, con picchi di abbondanza nelle stagioni invernali dei primi tre anni (2016: $367,27 \pm 140,11$; 2017: $398,63 \pm 118,22$; 2018: $315,52 \pm 163,72$ n.ind500m/12h) (fig. 3.76). Tali picchi sono dovuti, in larga misura, alle catture delle specie ittiche pelagiche con comportamento gregario *Boops boops*, *Scomber japonicus* e *Trachurus trachurus*. Negli ultimi due anni 2019 l'andamento è stato più lineare e caratterizzato da un lieve incremento in estate 2019 ($135,45 \pm 21,10$ n.ind500m/12h) e da una riduzione sino all'inverno 2020, dopo la quale le variazioni sono state minime.

Nei siti di controllo, il trend è rimasto stazionario, con valori molto più bassi rispetto al sito di estrazione e sempre inferiori a $17,46 \pm 7,32$ n.ind500m/12h presso C1 (massimo in

autunno 2019) e a $23,58 \pm 19,40$ n.ind/500m/12h presso C2 (massimo in primavera 2019).

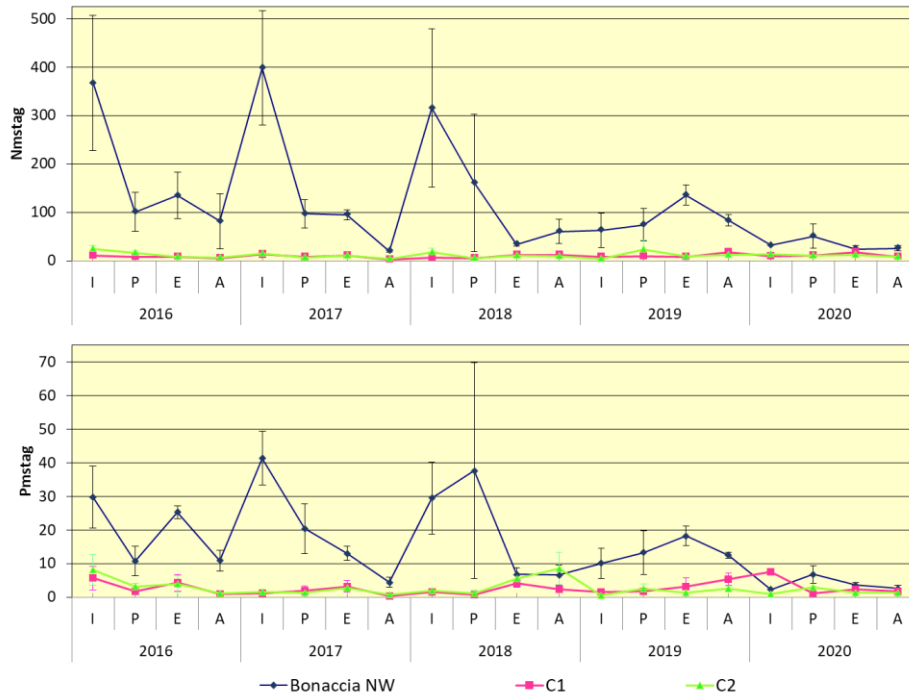


Fig. 3.76 - Numero degli individui (n.ind./500m/12h; \pm e.s.) (in alto) e peso (kg/500m/12h; \pm e.s.; in basso) catturati presso la piattaforma e nei due siti di controllo nell'intero periodo di indagine. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Il trend relativo al peso registrato in piattaforma è apparso simile a quello descritto in termini numerici (fig. 3.76); i valori massimi annui sono stati registrati nelle stagioni invernali nei primi due anni, mentre negli ultimi tre sono stati raggiunti in estate nel 2019 ($18,26 \pm 2,98$ kg/500m/12h) e in primavera nel 2018 e il 2020 ($37,65 \pm 32,14$ e $6,84 \pm 2,60$ kg/500m/12h rispettivamente). Da notare l'elevato errore standard registrato nella primavera 2018 determinato dalle abbondanti catture di *Scomber japonicus* a maggio.

In merito ai controlli, l'andamento è risultato simile per entrambe le aree e i valori registrati sono stati sempre confrontabili tra loro ad eccezione dell'inverno 2020. Nell'estate 2018 entrambi i riferimenti sono risultati confrontabili con la piattaforma (Bonaccia NW: $6,85 \pm 1,84$; C1: $4,14 \pm 1,23$; C2: $5,53 \pm 1,06$ kg/500m/12h), nell'autunno dello stesso anno sono risultati simili Bonaccia NW e C2, mentre nell'inverno 2020 è stato superiore il valore registrato presso C1 ($7,58 \pm 0,00$ kg/500m/12h; piattaforma: $2,30 \pm 0,00$ kg/500m/12h).

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. 3.77).

Pesci bentonici – In totale sono state censite 27 specie ittiche appartenenti a questo gruppo, di cui 26 rinvenute presso la piattaforma, 18 presso C1 e 18 presso C2 (Tabb. 3-L – 3-LII). Nell’ambito dei pesci, presso il sito di estrazione le specie bentoniche hanno costituito il 3° gruppo in termini numerici (7,0%) e il 2° come biomassa (19,1%); le catture più abbondanti sono state rappresentate, nel primo caso, da *Scorpaena notata*, *S. porcus* e *Lophius budegassa*; quest’ultima specie è apparsa importante anche dal punto di vista ponderale assieme a *Torpedo marmorata*. In entrambi i controlli i pesci bentonici hanno rappresentato il gruppo più importante sia in numero che in peso per le catture di specie di grandi dimensioni quali *Raja asterias*, *Scyliorhinus canicula* e *L. budegassa*.

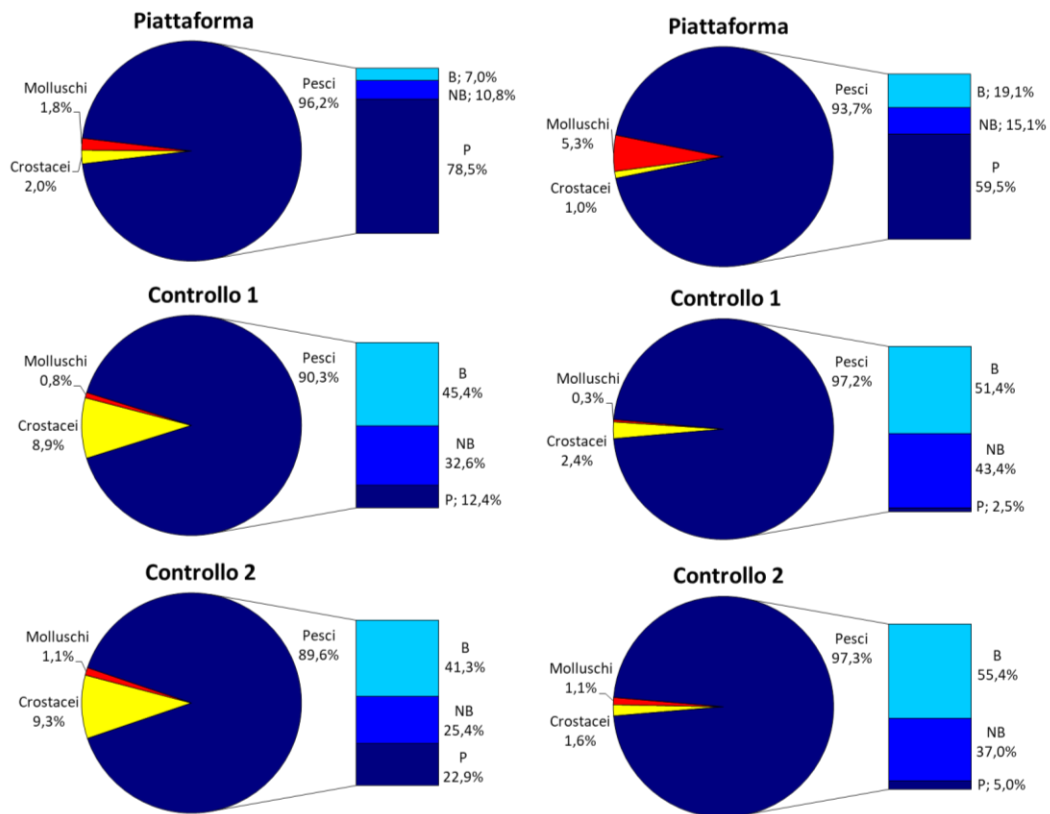


Fig. 3.77 - Composizione percentuale delle catture in numero (sinistra) e in peso (destra) effettuate nell’intero periodo di indagine presso Bonaccia NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 11 specie, 9 delle quali catturate presso la piattaforma e 7 presso ciascun controllo (Tabb. 3-L – 3-LII). Questo gruppo nei dintorni della piattaforma è risultato il 2° per importanza numerica (10,8%) e il 3° in peso (15,1%), ed è stato caratterizzato da abbondanti e frequenti catture di *Pagellus*

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: 32,6%; C2: 25,4%) che in peso (C1: 43,4%; C2: 37,0%) soprattutto grazie alle catture di *M. merluccius*.

Pesci pelagici – In totale sono state censite 15 specie ittiche pelagiche, tutte catturate nei dintorni di Bonaccia NW, 8 presso C1 e 9 presso C2 (Tabb. 3-L – 3-LII).

La frazione dei pelagici è stata la più importante presso la piattaforma sia numericamente (78,5%) che in peso (59,5%). Le catture più rappresentative, per entrambi gli aspetti, sono state quelle di *B. boops*, *S. japonicus* e *T. trachurus*, oltre che di *Engraulis encrasicolus* in numero.

Per quanto riguarda i siti di riferimento i pelagici rappresentano il gruppo di pesci meno importante sia in abbondanza (C1: 12,4%; C2: 22,9%) che in biomassa (C1: 2,5%; C2: 5,0%); le specie principali sono state *E. encrasicolus* in numero e *Alosa fallax fallax* in peso in entrambe le aree.

Crostacei – Questo sub-phylum è stato rappresentato da 9 specie, 7 censite presso la piattaforma, 6 in C1 e 3 in C2 (Tabb. 3-L – 3-LII). Nei pressi della struttura i crostacei hanno rappresentato il 2,0% delle catture in termini numerici e l'1,0% in termini ponderali. Nei siti di controllo le percentuali sono state maggiori sia in numero (8,9% in C1 e 9,3% in C2), che in peso (2,4% in C1 e 1,6% in C2). Comunque, le due specie principali in tutti i tre siti (*Nephrops norvegicus* e *Parapenaeus longirostris*), entrambe tipiche dell'habitat originario, sono state molto più abbondanti in piattaforma (Tabb. 3-L – 3-LII).

Molluschi – Per questo Phylum sono state censite 5 specie, tutte presenti nei dintorni della piattaforma e 2 presso le aree di controllo (Tabb. 3-L – 3-LII). Nel sito di estrazione i molluschi hanno rappresentato il 3° gruppo in numero (1,8%) e il 2° in peso (5,3%), per la presenza di specie di grandi dimensioni quali *O. vulgaris* ed *Eledone cirrhosa*. Nei controlli i molluschi hanno costituito una frazione irrisoria delle catture, sia in termini numerici (C1: 0,8%; C2: 1,1%) che ponderali (C1: 0,3%; C2: 1,1%).

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. 3.78) ha evidenziato presso la piattaforma una netta dominanza numerica e ponderale dei pesci pelagici PA ($46,74 \pm 13,73$ n.ind/500m/12h; $4,85 \pm 1,58$ kg/500m/12h). In numero

gli altri gruppi sono apparsi tra loro comparabili, mentre in peso sono risultati lievemente più importanti i bentonici e i necto-bentonici NA rispettivamente per le catture di *L. budegassa* e *M. merluccius*. Da segnalare la presenza in tutte le categorie di una frazione AT, tra cui la più importante è stata quella dei pesci bentonici rappresentati soprattutto dagli scorpenidi.

Presso C1, i gruppi dei pesci bentonici e necto-bentonici NA sono risultati i più abbondanti numericamente ($2,29 \pm 0,46$ e $1,48 \pm 0,37$ n.ind/500m/12h, rispettivamente) e ponderalmente ($0,77 \pm 0,19$ e $0,70 \pm 0,24$ kg/500m/12h, rispettivamente). Consistente anche la frazione numerica di pesci pelagici e crostacei NA. Da segnalare la presenza del gruppo dei pesci necto-bentonici e pelagici PA rappresentati soprattutto da *T. minutus capelanus* e *T. trachurus*, e dei pesci bentonici AT (*S. notata* e *S. scrofa*), con quantitativi comunque decisamente inferiori rispetto alla piattaforma. Sono state registrate anche catture del crostaceo AT *S. arctus*, seppure poco abbondanti.

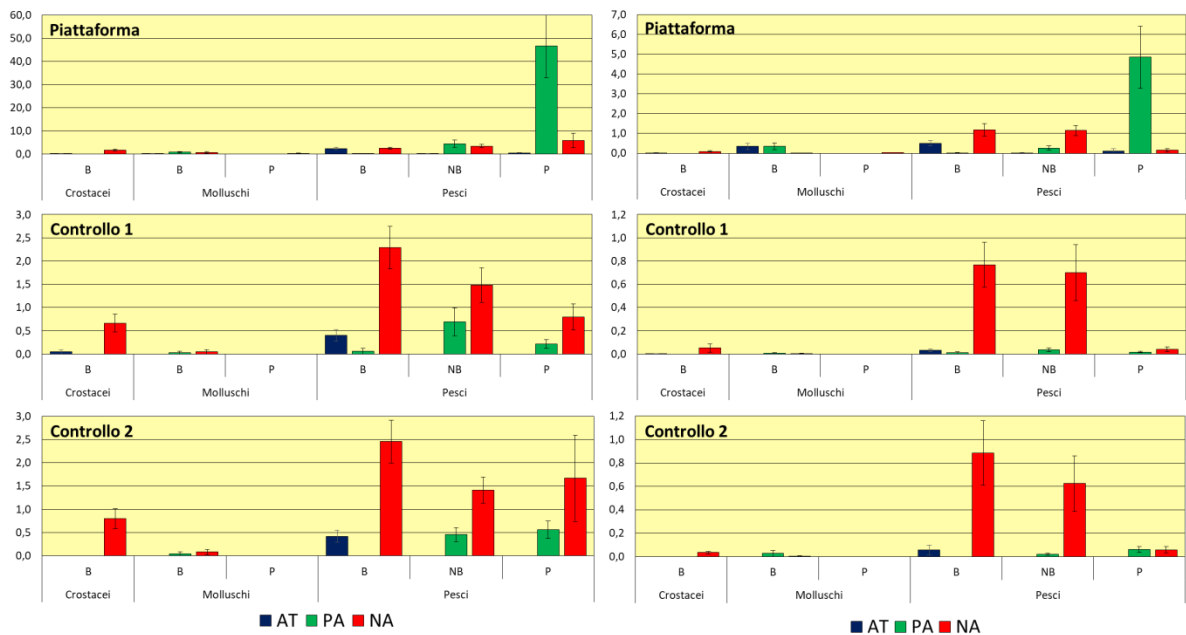


Fig. 3.78 - Numero (n. ind./500m/12h) e peso (kg/500m/12h) medi (\pm e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) relativi alle catture effettuate nell'intero periodo di indagine nei tre siti. B = bentonico; NB = necto-bentonic; P = pelagico.

Anche in C2 le specie bentoniche e necto-bentoniche NA sono risultate le più importanti in peso ($0,89 \pm 0,28$ e $0,62 \pm 0,24$ kg/500m/12h, rispettivamente). Queste sono risultate rilevanti anche in numero ($2,45 \pm 0,46$ e $1,41 \pm 0,28$ n.ind/500m/12h, rispettivamente) assieme ai pesci

pelagici NA ($1,67 \pm 0,93$ n.ind/500m/12h), seguiti dai crostacei bentonici NA ($0,80 \pm 0,22$ n.ind/500m/12h). Anche in C2 è apparsa presente una piccola porzione di pesci bentonici AT rappresentati da *S. notata* e *S. scrofa*.

Dall'elaborazione statistica (Tab. 3-LV) si sono evidenziate differenze tra il sito di estrazione e i controlli all'interno di ogni categoria tassonomica, ad eccezione dei crostacei. La biomassa dei crostacei AT nel 2020 è risultata statisticamente superiore a quella riscontrata negli anni 2017, 2018 e 2019 per le catture di *P. elephas*.

Per i molluschi, le categorie AT e PA dei bentonici e la categoria NA dei pelagici hanno registrato valori significativamente più elevati presso la piattaforma rispetto ai siti di controllo sia in termini numerici che ponderali.

Tra i pesci bentonici solo la componente AT è risultata statisticamente maggiore nei pressi di Bonaccia NW rispetto ai siti di controllo, sia in numero che in peso.

Tra i necto-bentonici sono risultati significativamente più abbondanti in piattaforma i PA sia in numero che in peso e gli NA in numero e, tra i pelagici, i PA per entrambi gli aspetti.

Tab. 3-LV – 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		Crostei		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.tes t	Anova	K-W	Comp.tes t	K-W	Comp.tes t	K-W	Comp.tes t	Anova	Anova	Anova	K-W	Comp.tes t	K-W	Comp.tes t	Anova	Anova	K-W	Comp.tes t
		0,270	0,061	0,004*	P>C1;C2	0,076	0,001*	P>C1;C2	0,004*	P>C1;C2	<0,001**	P>C1;C2	0,926	0,336	0,151	<0,001**	P>C1;C2	<0,001**	P>C1;C2	0,329	0,096	<0,001**	P>C1;C2
Anno	4	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova
		0,427	0,105	0,470	0,179	0,791	0,388	0,569	0,962	0,111	0,596	0,253	0,114	0,455	0,743	0,409							
Sito x Anno	8	Anova 2 vie		Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie							
		0,124	0,938	0,668	0,443	0,936	0,553	0,988	0,942	0,864	0,783	0,999	0,818	0,575	0,762	0,955							

Peso		Crostei		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.tes t	Anova	K-W	Comp.tes t	K-W	Comp.tes t	K-W	Comp.tes t	Anova	Anova	Anova	Anova	K-W	Comp.tes t	Anova	Anova	K-W	Comp.tes t
		0,131	0,164	0,004*	P>C1;C2	0,187	0,001*	P>C1;C2	0,004*	P>C1;C2	<0,001**	P>C1;C2	0,332	0,302	0,185	0,105	<0,001**	P>C1;C2	0,338	0,248	<0,001**	P>C1;C2
Anno	4	Anova	Comp.test	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova	Anova
		0,027*	2020>2017 ; 2018:2019	0,787	0,497	0,056	0,719	0,319	0,102	0,410	0,091	0,566	0,188	0,183	0,451	0,741	0,529					
Sito x Anno	8	Anova 2 vie		Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			Anova 2 vie			0,955Anova 2 vie						
		0,004*	0,817	0,689	0,616	0,865	0,459	0,157	0,574	0,789	0,765	0,989	0,344	0,57	0,849	0,848						

3.8.1.4 PERMANOVA e Principal Coordinate analysis (PCO)

L'analisi multivariata rappresentata in Tab. 3-LVI ha evidenziato differenze altamente significative tra i popolamenti presenti in piattaforma rispetto ai due siti di controllo, come indicato dal *pairwise test*. Inoltre, è stata riscontrata una differenza significativa tra il 2020 e gli altri quattro anni di monitoraggio.

La rappresentazione bidimensionale, con il 31,2% della varianza spiegata, ha mostrato la generale contrapposizione del sito della piattaforma con i controlli (fig. 3.79). La sovrapposizione del grafico delle specie maggiormente coinvolte nella differenziazione dei siti sulla rappresentazione bidimensionale dei siti stessi, indica che tali differenze sono state determinate da un pool di specie AT (*S. notata*, *O. vulgaris*, *C. conger*) e PA (*B. boops*, *P. bogaraveo* e *T. trachurus*) per quanto riguarda la piattaforma e di specie NA (*M. merluccius*, *S. canicula*, *A. fallax fallax*) per quanto concerne i siti di controllo.

Tab. 3-LVI – 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	36500	11,671	0,001**	P > C1; C2
Anno	4	5788,6	1,851	0,002*	2020 ≠ 2016; 2017; 2018; 2019
SitoXAnno	8	2992,9	0,957	0,587	

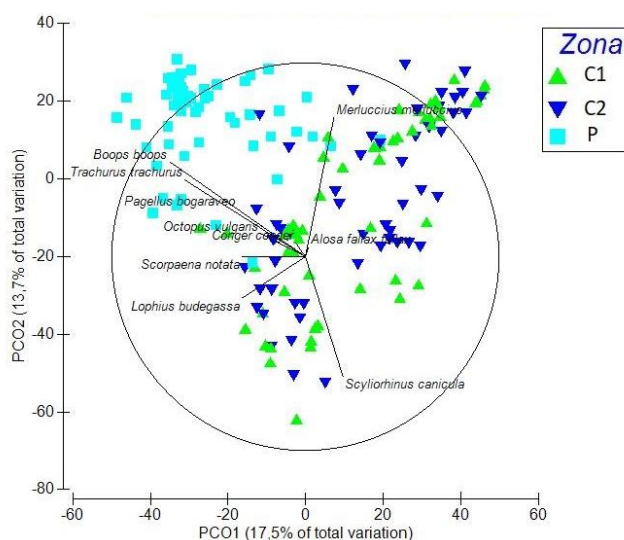


Fig. 3.79 – Rappresentazione bidimensionale dei tre siti campionati nel periodo gennaio 2016 - dicembre 2020 tramite la Principal Coordinate analysis (PCO). P = Piattaforma; C1 e C2 = controlli.

3.8.2. INVESTIGAZIONI ACUSTICHE

Nel **luglio** 2020 sono stati rilevati 34 banchi di pesce di cui uno solo (il n. 3) entro il raggio di 300 m dalla piattaforma (285,218 m fig. 3.80 e Tab. 3-LII).

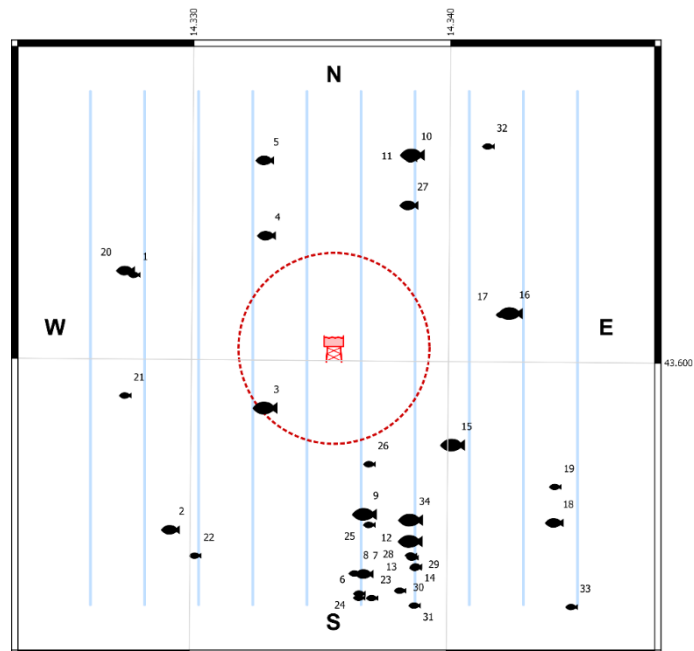


Fig. 3.80 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **luglio** 2020. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LVII - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **luglio** 2020. In verde quello entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	681,424	18	869,626
2	765,187	19	806,957
3	285,218	20	711,521
4	427,460	21	679,056
5	643,478	22	780,285
6	776,444	23	781,955
7	703,322	24	763,372
8	698,976	25	553,295
9	517,349	26	367,740
10	664,110	27	513,750
11	648,489	28	689,372
12	638,426	29	722,526
13	681,017	30	776,670
14	718,932	31	834,189
15	467,066	32	802,012
16	559,714	33	1089,703
17	531,885	34	576,894

Il banco posto invece a maggiore distanza dalla struttura era il n. 33 (1089,703 m). L'aggregazione n. 34 ha presentato le maggiori estensione areale (4241,835 m²) e lunghezza NS (107,633 m); il volume maggiore ha caratterizzato il banco n. 15 (2493,221 m³); la massima estensione lungo la direttrice EW (32,024 m) è stata invece raggiunta dal n. 12 (Tab. 3-LVIII). La profondità alla quale sono state sondate le aggregazioni è variata da 34,010 m (n. 22) 87,379 m (n. 13).

Tab. 3-LVIII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **luglio** 2020. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde quello 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 ³)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	129,934	6,888	6,775	54,115	59,609	5,494	69,542	43,602483	14,327630	56,914	1,868	0	0,000
2	523,199	20,925	13,228	80,972	85,651	4,679	403,997	43,595282	14,329125	83,279	1,295	0	0,000
3	866,398	24,105	24,029	81,511	85,679	4,168	697,695	43,598754	14,332775	84,132	1,242	0	0,000
4	492,413	14,217	30,955	84,186	86,328	2,142	166,072	43,603627	14,332771	85,450	2,965	0	0,000
5	720,639	17,759	22,746	79,252	84,957	5,705	635,855	43,605756	14,332688	82,134	1,133	0	0,000
6	125,672	5,573	5,235	80,877	85,974	5,097	74,559	43,593395	14,336491	83,725	1,686	0	0,000
7	769,407	21,066	23,162	84,511	86,977	2,466	348,061	43,594073	14,336681	86,044	2,211	0	0,000
8	263,389	6,698	8,029	71,461	84,208	12,747	151,111	43,594083	14,336311	78,144	1,743	0	0,000
9	947,094	28,359	20,192	81,770	85,679	3,909	642,420	43,595767	14,336680	84,070	1,474	0	0,000
10	945,535	22,527	24,018	82,203	85,679	3,476	676,927	43,605946	14,338431	84,304	1,397	0	0,000
11	200,211	10,541	9,531	83,639	85,679	2,040	88,651	43,605811	14,338373	84,876	2,258	0	0,000
12	3169,663	90,705	32,024	84,325	88,275	3,950	1117,906	43,595010	14,338468	85,844	2,835	0	0,000
13	200,638	10,967	15,738	86,024	88,276	2,252	85,670	43,594606	14,338491	87,379	2,342	0	0,000
14	135,800	6,726	6,553	82,250	86,894	4,644	77,306	43,594295	14,338687	84,362	1,757	0	0,000
15	1875,809	33,294	23,714	69,632	81,206	11,574	2493,221	43,597747	14,340086	75,484	0,752	0	0,000
16	894,327	17,743	19,361	75,824	84,714	8,890	1134,885	43,601482	14,342298	80,536	0,788	0	0,000
17	167,025	5,522	10,094	79,215	84,574	5,359	96,275	43,601435	14,341959	82,106	1,735	0	0,000
18	561,286	14,358	17,345	79,022	85,030	6,008	551,583	43,595563	14,344065	82,174	1,018	0	0,000
19	175,303	6,727	23,947	82,699	86,977	4,278	58,796	43,596576	14,344082	85,680	2,982	0	0,000
20	555,212	19,926	19,042	83,046	85,679	2,633	290,660	43,602607	14,327296	84,597	1,910	0	0,000
21	362,773	18,509	15,827	82,129	85,016	2,887	162,429	43,599067	14,327320	83,690	2,233	0	0,000
22	128,240	7,330	4,993	30,770	37,335	6,565	73,800	43,594551	14,330091	34,010	1,738	0	0,000
23	152,683	6,953	6,199	72,324	78,886	6,562	85,185	43,593390	14,336990	75,796	1,792	0	0,000
24	261,342	9,122	12,955	80,134	86,960	6,826	128,977	43,593513	14,336494	84,273	2,026	0	0,000
25	456,151	17,001	15,608	80,360	84,698	4,338	165,615	43,595461	14,336855	82,456	2,754	0	0,000
26	475,858	20,594	15,904	80,031	84,744	4,713	229,743	43,597177	14,336843	82,354	2,071	0	0,000
27	522,544	16,621	24,083	83,679	86,334	2,655	235,704	43,604515	14,338304	85,475	2,217	0	0,000
28	138,423	6,118	9,068	85,458	88,263	2,805	79,892	43,594541	14,338548	87,042	1,733	0	0,000
29	220,281	7,587	12,303	81,130	87,558	6,428	105,647	43,594256	14,338668	85,137	2,085	0	0,000
30	132,138	4,240	6,250	53,952	62,684	8,732	66,203	43,593606	14,338078	58,028	1,996	0	0,000
31	168,383	7,019	7,031	80,841	86,236	5,395	104,249	43,593187	14,338644	83,715	1,615	0	0,000
32	147,653	7,592	5,781	47,004	52,964	5,960	86,157	43,606194	14,341372	49,900	1,714	0	0,000
33	135,507	8,659	6,954	57,071	62,808	5,737	77,959	43,593180	14,344753	60,009	1,738	0	0,000
34	4241,835	107,633	26,576	80,491	86,334	5,843	1667,079	43,595614	14,338475	85,080	2,544	0	0,000

Ad agosto 2020 sono state individuate 37 aggregazioni di pesce, di cui 5 poste a meno di 300 m dalla piattaforma. La più vicina a Bonaccia NW era la n. 26 (distanza di 93,365 m), la più lontana era invece la n. 16 (1039,240 m; fig. 3.81, Tab. 3-LIX). Il banco di pesci n. 6 è risultato il più grande, presentando un'area di 5298,593 m², un volume di 7770,582 m³ e

una lunghezza EW pari a 50,411 m (Tab. 3-LX). La maggior lunghezza NS è stata invece misurata per il banco n. 25 (59,923 m). Le aggregazioni sono state sondate tra 37,767 m (n. 22) e 86,865 m di profondità (n. 4). I *boxplot* riportati in fig. 3.82 indicano che le caratteristiche metriche dei banchi posti entro i 300 m da Bonaccia NW e di quelli più lontani sono comparabili per tutti i parametri considerati.

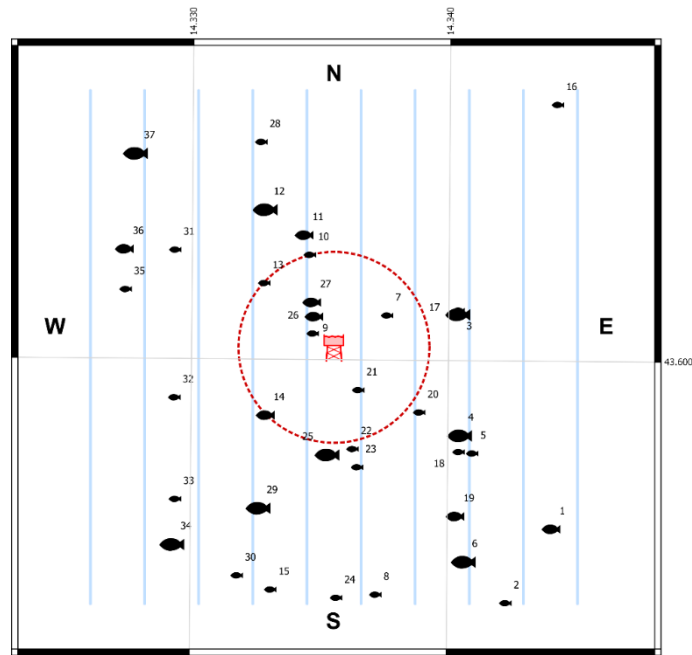


Fig. 3.81 - Schema planare della posizione dei banchi individuati durante il campionamento condotto nell'agosto 2020. La visualizzazione graduata ne evidenzia il volume.

Tab. 3-LIX - Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel mese di agosto 2020. In verde le aggregazioni sondate entro 300 m da Bonaccia NW.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	876,233	20	323,147
2	953,650	21	140,426
3	397,894	22	312,459
4	469,318	23	371,428
5	533,834	24	776,230
6	773,795	25	327,697
7	192,944	26	93,365
8	775,838	27	171,991
9	129,609	28	698,448
10	313,773	29	551,723
11	378,464	30	772,762
12	498,004	31	599,336
13	312,470	32	531,158
14	302,017	33	689,359
15	778,832	34	798,110
16	1039,240	35	691,561
17	402,976	36	740,554
18	497,482	37	886,750
19	639,307		

Tab. 3-LX - Caratteristiche metriche del banco individuato nell'agosto 2020. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni sondate entro 300 m da Bonaccia NW.

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	658,930	20,193	16,822	82,832	85,679	2,847	327,089	43,595353	14,343939	84,562	2,015	0	0,000
2	103,063	4,268	7,366	81,009	83,732	2,723	61,211	43,593247	14,342175	82,376	1,684	0	0,000
3	1429,071	33,051	28,068	81,410	85,679	4,269	1265,948	43,601406	14,340251	83,903	1,129	0	0,000
4	2231,340	39,586	42,564	82,270	88,276	6,006	848,212	43,597981	14,340356	86,865	2,631	0	0,000
5	142,676	7,043	8,248	43,672	49,044	5,372	70,983	43,597475	14,340841	46,438	2,010	0	0,000
6	5298,593	52,083	50,411	71,228	86,334	15,106	7770,582	43,594407	14,340541	79,231	0,682	6	4,367
7	111,324	7,665	4,847	42,774	48,882	6,108	55,856	43,601360	14,337486	45,806	1,993	0	0,000
8	111,795	3,571	4,970	67,219	75,275	8,056	49,225	43,593460	14,337112	71,678	2,271	0	0,000
9	1002,980	29,698	23,053	80,734	86,327	5,593	1003,571	43,601316	14,334646	83,788	0,999	0	0,000
10	487,627	35,273	13,534	81,745	85,470	3,725	195,683	43,603062	14,334461	83,755	2,492	0	0,000
11	810,030	28,749	13,185	73,144	80,226	7,082	728,071	43,603621	14,334239	76,846	1,113	0	0,000
12	1332,735	32,229	15,591	72,250	81,111	8,861	1441,635	43,604334	14,332720	76,878	0,924	0	0,000
13	236,130	11,136	11,562	83,024	85,602	2,578	105,992	43,602253	14,332695	84,451	2,228	0	0,000
14	1021,433	28,158	16,871	80,133	85,679	5,546	1062,279	43,598518	14,332779	83,450	0,962	0	0,000
15	255,377	10,674	16,892	83,056	85,679	2,623	81,720	43,593582	14,333025	84,417	3,125	0	0,000
16	156,844	2,784	9,355	75,070	109,758	34,688	0,673	43,607355	14,344071	82,900	233,062	0	0,000
17	232,810	12,690	11,827	83,506	85,679	2,173	100,847	43,601516	14,340268	84,876	2,309	0	0,000
18	222,152	11,924	9,887	46,678	50,629	3,951	125,539	43,597513	14,340311	48,823	1,770	0	0,000
19	820,105	22,886	17,116	79,540	85,470	5,930	839,630	43,595693	14,340196	82,626	0,977	0	0,000
20	385,536	17,806	10,359	77,817	82,982	5,165	262,364	43,598625	14,338766	80,293	1,469	0	0,000
21	123,354	8,019	6,041	60,073	64,087	4,014	66,035	43,599243	14,336386	62,049	1,868	0	0,000
22	323,704	13,267	13,315	30,801	42,823	12,022	182,145	43,597576	14,336183	37,767	1,777	0	0,000
23	245,996	13,731	8,834	81,372	84,689	3,317	118,343	43,597060	14,336366	83,146	2,079	0	0,000
24	165,755	12,390	21,846	57,652	61,212	3,560	8,643	43,593363	14,335587	59,743	19,178	0	0,000
25	1194,300	59,923	17,791	71,065	80,720	9,655	702,216	43,597410	14,335204	75,247	1,701	0	0,000
26	154,884	7,639	7,056	81,546	84,881	3,335	94,384	43,600834	14,334599	83,250	1,641	0	0,000
27	841,392	29,630	13,939	80,070	85,874	5,804	780,874	43,601720	14,334554	83,213	1,078	0	0,000
28	389,951	22,216	11,251	80,849	84,481	3,632	169,077	43,606244	14,332540	82,776	2,306	0	0,000
29	1366,678	27,175	26,347	60,871	73,007	12,136	1244,074	43,595889	14,332540	66,787	1,099	0	0,000
30	558,577	38,991	5,952	54,071	59,337	5,266	379,490	43,593974	14,331717	56,546	1,472	0	0,000
31	106,495	5,489	8,054	83,045	85,378	2,333	38,001	43,603179	14,329223	84,252	2,802	0	0,000
32	608,389	23,179	13,993	80,914	85,023	4,109	466,449	43,599001	14,329232	83,253	1,304	0	0,000
33	546,289	13,847	16,658	79,172	85,410	6,238	536,316	43,596125	14,329289	82,263	1,019	0	0,000
34	2190,984	39,085	28,630	73,218	85,004	11,786	3297,780	43,594843	14,329195	79,124	0,664	0	0,000
35	350,910	12,662	10,035	76,143	81,596	5,453	293,883	43,602053	14,327305	78,794	1,194	0	0,000
36	679,868	24,511	16,837	80,992	85,679	4,687	590,674	43,603192	14,327247	83,420	1,151	0	0,000
37	2462,520	56,379	22,308	37,410	55,571	18,161	2105,712	43,605902	14,327654	48,936	1,169	0	0,000

A **settembre** sono stati individuati 17 banchi di pesce di cui solo due entro 300 m dalla piattaforma (fig. 3.83). L'aggregazione più prossima alla struttura era la n. 10 (112,206 m di distanza), mentre la più lontana è stata la n. 17 (893,469 m; Tab. 3-LXI). Il banco in assoluto più grande tra tutti quelli sondati è stato il n. 17, caratterizzato dalla maggiore estensione areale (15494,012 m²), volume (15241,096 m³) e lunghezze lungo l'asse EW (224,883 m) e NS (57,044 m; Tab. 3-LXII). Le profondità dei banchi sono variate nell'intervallo 22,816 - 86,176 m (banchi n. 10 e 15 rispettivamente). A parte una profondità media leggermente superiore per quanto riguarda i banchi più lontani dalla piattaforma, nei *boxplot* riportati in fig. 3.84 si può notare come i valori delle altre caratteristiche metriche siano assolutamente comparabili.

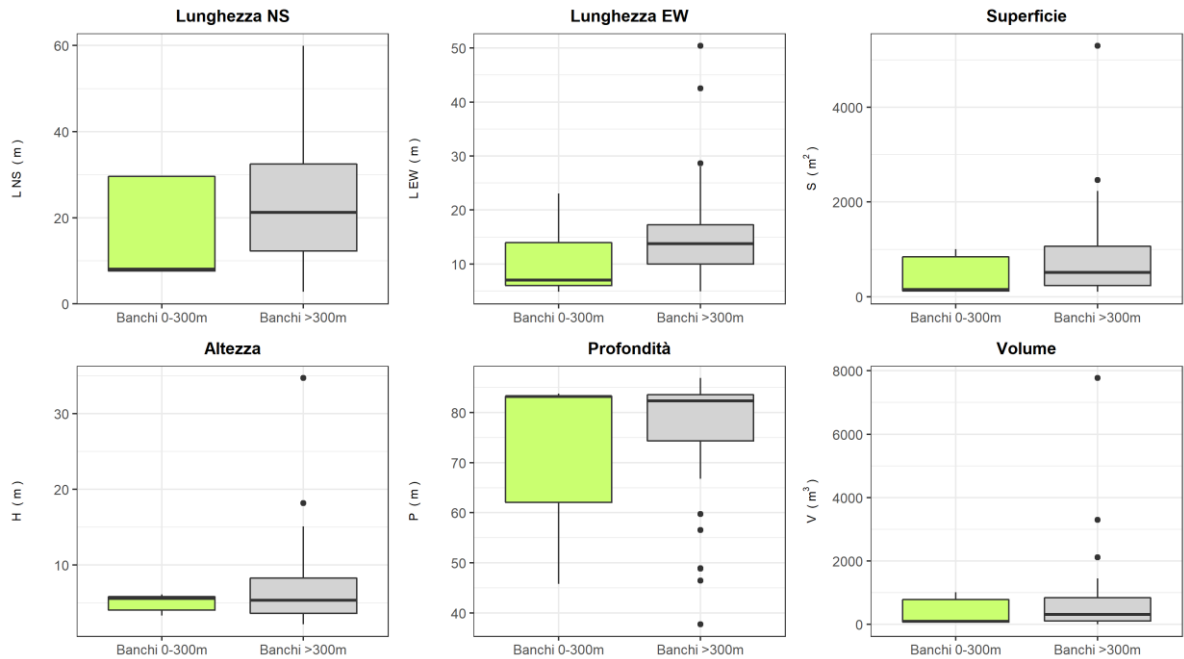


Fig. 3.82 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in agosto 2020. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

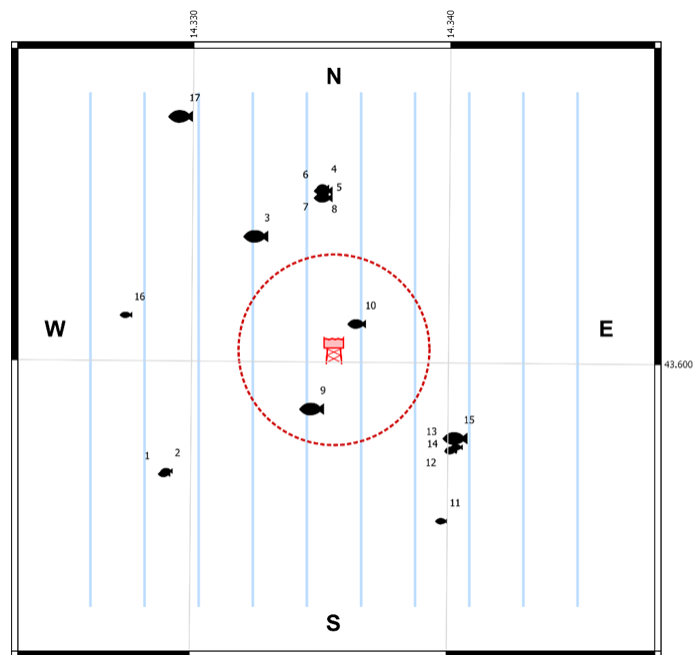


Fig. 3.83 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel settembre 2020. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXI - Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **settembre** 2020. In verde le aggregazioni sondate entro 300 m da Bonaccia NW.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	662,690	10	112,206
2	651,249	11	622,226
3	448,239	12	471,444
4	524,336	13	470,256
5	514,176	14	478,581
6	507,336	15	458,201
7	499,132	16	673,889
8	492,052	17	893,469
9	191,147		

Tab. 3-LXII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **settembre** 2020. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni sondate entro 300 m da Bonaccia NW.

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	125,971	6,014	7,619	72,358	76,781	4,423	74,818	43,596890	14,328856	74,555	1,684	0	0,000
2	135,435	5,783	7,217	71,364	75,611	4,247	82,910	43,596973	14,328949	73,488	1,634	0	0,000
3	1111,178	53,290	16,529	73,135	81,901	8,766	880,214	43,603656	14,332363	77,128	1,262	0	0,000
4	109,595	7,603	6,306	55,694	60,268	4,574	50,086	43,605048	14,334948	57,871	2,188	0	0,000
5	209,090	9,619	9,734	48,629	55,800	7,171	123,307	43,604958	14,334967	52,368	1,696	0	0,000
6	163,828	9,369	6,895	43,434	49,066	5,632	94,871	43,604894	14,334931	46,263	1,727	0	0,000
7	142,842	9,368	5,745	39,947	45,448	5,501	80,447	43,604820	14,334935	42,668	1,776	0	0,000
8	232,909	9,664	12,751	39,180	48,681	9,501	134,481	43,604758	14,334967	43,779	1,732	0	0,000
9	452,552	14,354	16,358	81,739	85,570	3,831	341,638	43,598774	14,334589	83,828	1,325	0	0,000
10	208,221	12,182	5,466	18,708	26,334	7,626	69,972	43,601190	14,336312	22,816	2,976	0	0,000
11	201,344	6,294	12,802	58,586	70,340	11,754	113,857	43,595614	14,339659	64,762	1,768	0	0,000
12	147,074	7,028	5,900	73,626	79,185	5,559	83,303	43,597600	14,339990	76,249	1,766	0	0,000
13	109,362	4,643	5,388	58,218	65,232	7,014	58,926	43,597639	14,340016	61,610	1,856	0	0,000
14	174,239	9,362	15,051	84,049	86,857	2,808	53,286	43,597713	14,340230	85,484	3,270	0	0,000
15	546,731	40,770	19,607	85,477	87,500	2,023	152,586	43,597971	14,340179	86,176	3,583	0	0,000
16	103,776	4,270	6,964	72,624	76,317	3,693	61,990	43,601393	14,327321	74,509	1,674	0	0,000
17	15494,012	57,044	224,883	67,638	78,488	10,850	15241,10	43,607039	14,329402	73,172	1,017	1	0,524

Ad **ottobre** 2020 sono state sondate 41 aggregazioni, di cui solo due (banchi nn. 13 e 31) poste a distanza minore di 300 m dalla piattaforma (fig. 3.85). Il banco più vicino è stato il n. 13, rinvenuto a soli 19,342 m da Bonaccia NW, il più lontano è stato invece il n. 19, posto a 991,369 m (Tab. 3-LXIII). Al n. 32 competono maggior estensione superficiale e volumetrica (7697,225 m² e 18411,655 m³ rispettivamente); l'estensione EW più ampia è stata registrata per il banco n. 18 (63,463 m) e quella NS per il n. 1 (53,818 m; Tab. 3-LXIV). Le profondità massima e minima spettano rispettivamente alle aggregazioni n. 37 (85,559 m) e n. 7 (19,84 m). Le caratteristiche metriche dei banchi osservati entro e oltre i 300 m dalla piattaforma, al netto di alcuni *outliers*, sono risultate comparabili (fig. 3.86).

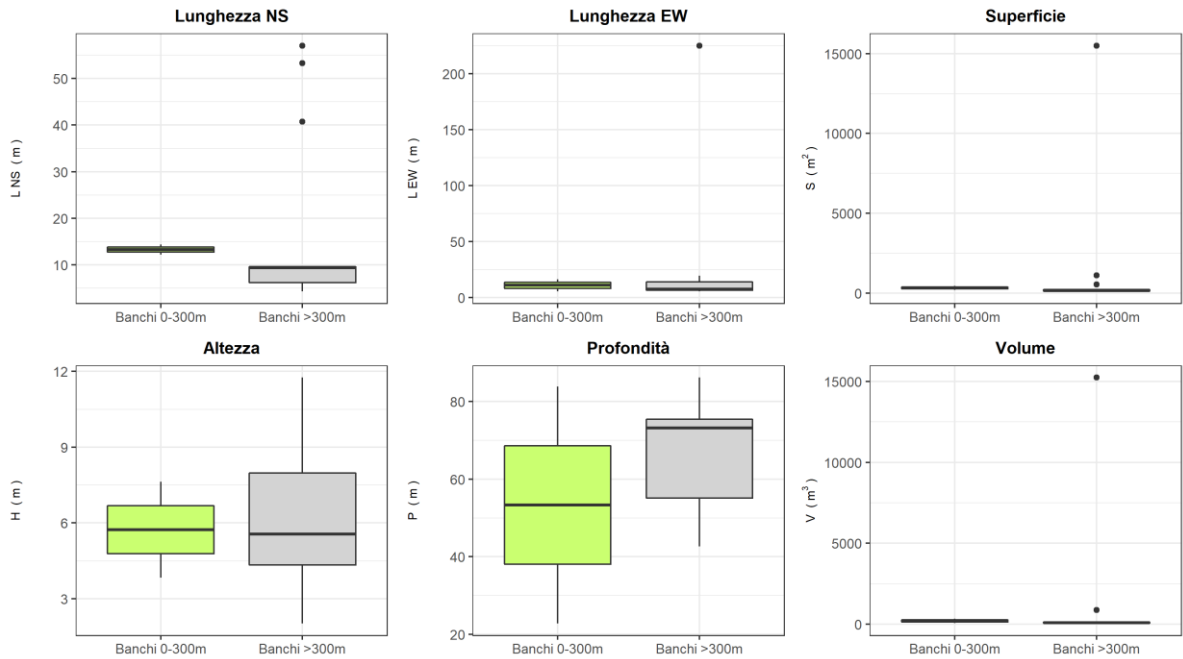


Fig. 3.84 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in **Settembre 2020**. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

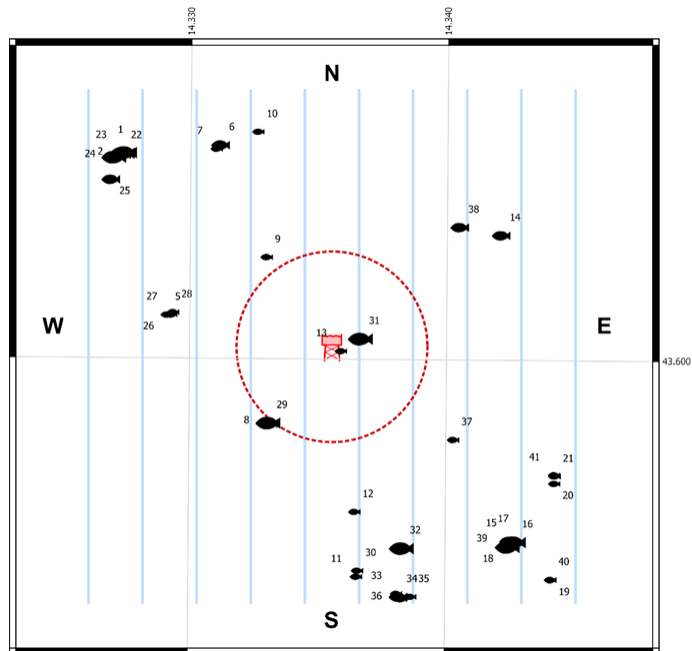


Fig. 3.85 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'**ottobre 2020**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXIII - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nell'ottobre 2020. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	908,301	22	911,697
2	910,209	23	916,573
3	915,444	24	923,012
4	913,332	25	886,318
5	540,377	26	536,085
6	739,539	27	526,129
7	735,456	28	522,623
8	311,143	29	309,539
9	363,313	30	697,446
10	729,030	31	88,772
11	716,021	32	657,661
12	512,473	33	790,449
13	19,342	34	801,211
14	635,782	35	811,380
15	816,215	36	810,788
16	825,227	37	466,485
17	812,732	38	551,494
18	823,442	39	807,419
19	991,369	40	989,857
20	807,403	41	793,357
21	796,381		

Tab. 3-LXIV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nell'ottobre 2020. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	6700,337	53,818	49,610	57,870	84,306	26,436	7066,692	43,605916	14,327305	73,800	0,948	1	0,277
2	268,131	5,475	13,141	71,893	79,790	7,897	183,264	43,605850	14,327189	76,161	1,463	0	0,000
3	157,656	7,912	7,712	72,839	76,987	4,148	79,285	43,605813	14,327056	75,432	1,988	0	0,000
4	224,458	19,126	4,864	68,405	73,733	5,328	86,271	43,605767	14,327036	71,243	2,602	0	0,000
5	103,624	7,751	4,004	34,165	39,516	5,351	45,405	43,601326	14,328987	36,735	2,282	0	0,000
6	273,186	4,480	17,923	77,868	84,562	6,694	174,567	43,606145	14,331038	81,450	1,565	0	0,000
7	111,088	5,710	4,629	18,379	21,754	3,375	42,325	43,606036	14,330880	19,840	2,625	0	0,000
8	975,276	20,797	17,589	69,580	76,570	6,990	986,455	43,598266	14,332967	72,982	0,989	0	0,000
9	220,008	16,890	3,806	55,664	58,454	2,790	135,782	43,602975	14,332861	57,059	1,620	0	0,000
10	121,463	15,089	4,374	18,639	21,534	2,895	31,471	43,606527	14,332499	20,201	3,860	0	0,000
11	183,965	7,881	5,607	70,810	77,059	6,249	124,953	43,593937	14,336433	73,932	1,472	0	0,000
12	101,475	5,439	5,224	51,630	55,877	4,247	60,748	43,595774	14,336348	53,801	1,670	0	0,000
13	112,088	4,095	6,848	31,097	40,869	9,772	54,455	43,600328	14,335781	35,873	2,058	0	0,000
14	378,966	11,700	11,860	79,005	84,294	5,289	317,849	43,603638	14,341987	81,893	1,192	0	0,000
15	179,692	8,003	7,351	62,530	68,527	5,997	86,090	43,594985	14,342450	65,696	2,087	0	0,000
16	2032,819	14,363	27,038	48,508	67,717	19,209	1358,885	43,594950	14,342561	58,450	1,496	0	0,000
17	436,655	8,778	11,970	49,835	60,344	10,509	246,792	43,594973	14,342369	54,771	1,769	0	0,000
18	6475,284	25,514	63,463	51,360	75,121	23,761	9960,592	43,594812	14,342322	63,434	0,650	0	0,000
19	104,156	5,173	5,153	49,976	54,013	4,037	60,380	43,593880	14,343999	52,116	1,725	0	0,000
20	100,413	4,773	5,695	68,314	71,340	3,026	59,822	43,596612	14,344119	69,876	1,679	0	0,000
21	161,058	6,560	6,215	68,862	73,793	4,931	115,512	43,596821	14,344128	71,275	1,394	0	0,000
22	5090,757	49,361	36,744	60,773	84,306	23,533	4680,187	43,605894	14,327219	74,070	1,088	1	1,014
23	155,047	4,507	9,063	64,224	68,846	4,622	90,718	43,605901	14,327147	66,419	1,709	0	0,000
24	4239,152	32,839	29,464	61,197	81,962	20,765	4006,810	43,605781	14,326893	69,630	1,058	4	2,268
25	399,674	15,867	13,104	73,038	80,084	7,046	200,895	43,605150	14,326776	76,739	1,989	0	0,000
26	111,465	8,776	3,305	29,183	33,789	4,606	50,634	43,601332	14,329043	31,615	2,201	0	0,000
27	153,874	6,545	5,129	27,888	33,665	5,777	66,895	43,601330	14,329168	30,787	2,300	0	0,000
28	144,326	5,660	5,476	28,437	34,865	6,428	67,653	43,601396	14,329233	31,301	2,133	0	0,000
29	1925,958	32,252	22,964	69,637	76,573	6,936	1977,242	43,598281	14,332974	73,039	0,974	0	0,000

Tab. 3-LXIV - Continuo.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
30	124,450	10,675	5,779	82,968	85,669	2,701	40,416	43,594108	14,336471	84,603	3,079	0	0,000
31	1063,418	24,233	19,981	73,980	79,773	5,793	774,958	43,600682	14,336542	77,033	1,372	0	0,000
32	7697,225	39,649	61,365	56,687	83,155	26,468	18411,66	43,594754	14,338201	71,958	0,418	9	8,342
33	102,721	5,059	4,982	71,887	77,464	5,577	46,178	43,593462	14,337999	74,669	2,224	0	0,000
34	535,412	15,537	9,463	65,807	82,541	16,734	354,724	43,593378	14,338083	75,318	1,509	0	0,000
35	166,391	6,764	5,314	80,643	87,423	6,780	86,831	43,593379	14,338544	83,357	1,916	0	0,000
36	148,783	9,347	5,594	54,387	59,439	5,052	71,510	43,593308	14,338182	57,028	2,081	0	0,000
37	163,696	10,281	8,402	84,174	87,278	3,104	57,708	43,597834	14,340169	85,559	2,837	0	0,000
38	588,776	16,160	15,347	77,548	83,914	6,366	550,038	43,603859	14,340372	81,057	1,070	0	0,000
39	114,698	4,299	7,629	59,414	62,930	3,516	62,193	43,594969	14,342265	61,137	1,844	0	0,000
40	104,367	5,204	5,670	50,374	53,978	3,604	62,949	43,593890	14,343987	52,230	1,658	0	0,000
41	118,757	5,257	5,608	68,374	72,594	4,220	73,963	43,596856	14,344113	70,593	1,606	0	0,000

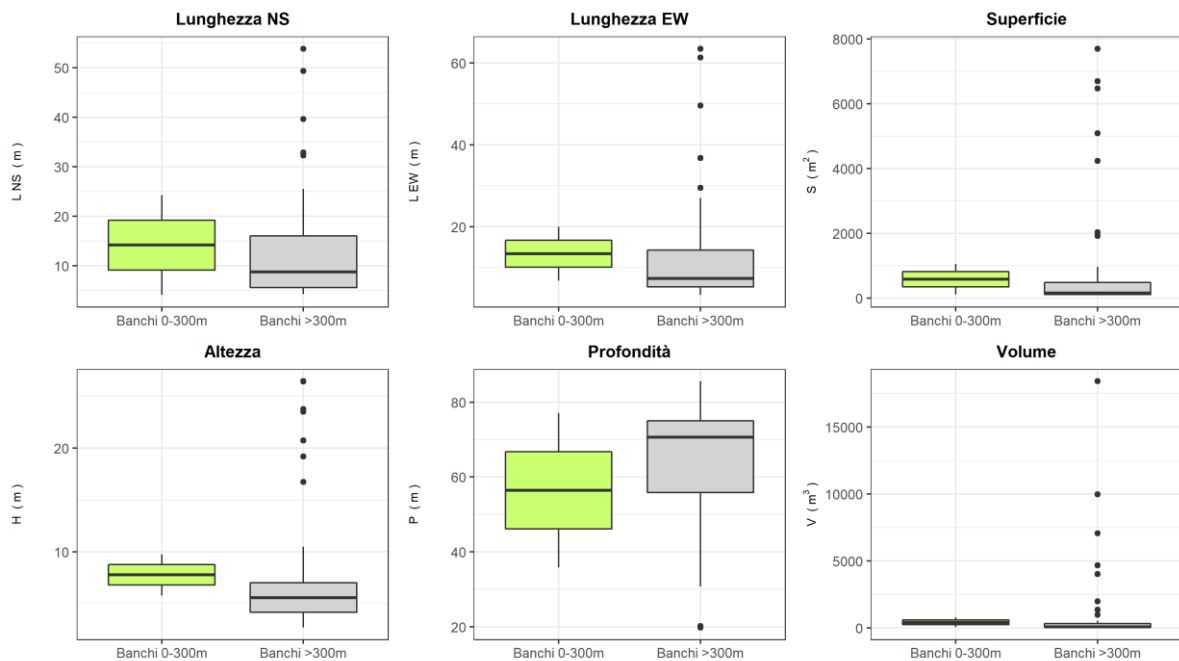


Fig. 3.86 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in ottobre 2020. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

A novembre sono stati individuati 24 banchi di pesce di cui 7 ricadenti all'interno del raggio di 300 m da Bonaccia NW (fig. 3.87). L'aggregazione n. 4 è risultata la più vicina essendo stata sondata a soli 68,595 m dalla struttura, mentre la n. 2 è stata quella più lontana (1005,362 m; Tab. 3-LXV). Il banco n. 13 è stato quello metricamente più rilevante per superficie e volume (4977,814 m² e 8695,128 m³ rispettivamente), mentre le maggiori lunghezze EW (62,609 m) e NS (39,054 m) sono state ottenute rispettivamente per i banchi n. 8 e n. 3 (Tab. 3-LXVI). Il range di profondità all'interno del quale sono

state sondate le aggregazioni va da un minimo di 32,302 m del banco n. 4, a un massimo di 86,463 m del banco n. 2. Le caratteristiche metriche dei banchi situati dentro o fuori dal perimetro dei 300 m si differenziano per le lunghezze lungo le due direttrici EW e NS, risultate maggiori per i banchi rispettivamente vicini e lontani dalla piattaforma, per la maggiore profondità alla quale sono state sondate le aggregazioni più lontane e per l'estensione in altezza apparsa maggiore in prossimità della struttura (fig. 3.88).

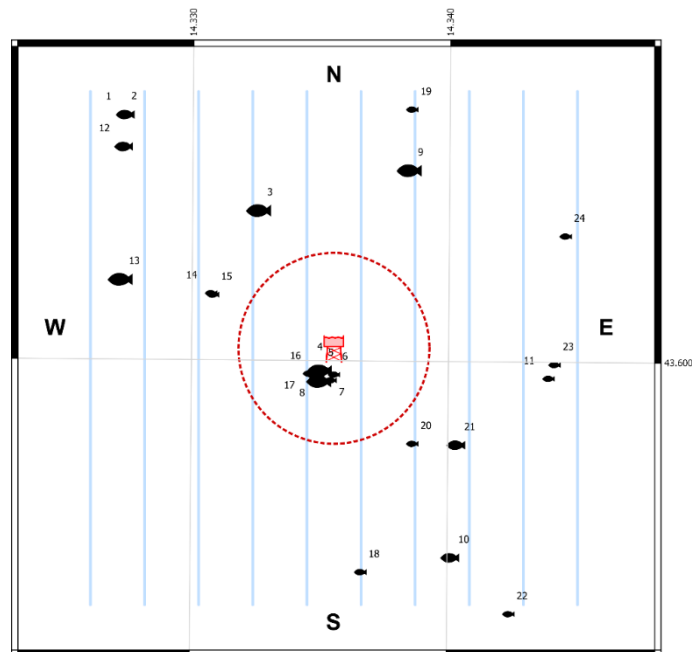


Fig. 3.87 - Schema planare delle posizioni dei banchi individuati nel **novembre 2020**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXV - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **novembre 20** In evidenza i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	999,463	13	717,315
2	1005,362	14	436,331
3	508,187	15	429,100
4	68,595	16	97,241
5	79,653	17	111,250
6	72,134	18	696,408
7	91,803	19	797,590
8	107,782	20	373,609
9	614,451	21	475,310
10	738,138	22	985,084
11	670,660	23	685,194
12	930,396	24	805,290

Tab. 3-LXVI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **novembre 2020**. 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	282.909	3.157	6.049	76.041	110.981	34.940	0.885	43.607021	14.327240	85.150	319.61	0	0.000
2	184.821	3.212	4.688	80.281	117.055	36.774	0.935	43.607033	14.327149	86.463	197.67	0	0.000
3	3073.165	39.054	34.588	65.364	81.731	16.367	3898.223	43.604338	14.332463	75.610	0.788	0	0.000
4	166.182	3.136	8.361	28.102	36.905	8.803	94.257	43.599843	14.335057	32.302	1.763	0	0.000
5	1486.789	3.719	59.941	64.167	84.736	20.569	1308.158	43.599817	14.334881	74.217	1.137	0	0.000
6	178.102	2.778	12.067	51.335	59.630	8.295	85.483	43.599704	14.335438	55.325	2.083	0	0.000
7	133.723	3.382	8.550	60.679	68.131	7.452	60.650	43.599541	14.335308	64.328	2.205	0	0.000
8	1766.340	7.482	62.609	60.730	84.816	24.086	1581.295	43.599516	14.334858	72.763	1.117	0	0.000
9	1395.250	23.751	21.884	72.023	79.355	7.332	1776.764	43.605500	14.338313	76.010	0.785	0	0.000
10	542.765	19.644	12.187	75.506	82.419	6.913	385.499	43.594551	14.340006	79.305	1.408	0	0.000
11	105.630	4.818	6.269	79.222	83.839	4.617	56.710	43.599633	14.343790	81.646	1.863	0	0.000
12	320.089	13.427	16.996	82.444	84.505	2.061	126.938	43.606117	14.327189	83.656	2.522	0	0.000
13	4977.814	34.324	49.360	65.855	84.686	18.831	8695.128	43.602362	14.327102	75.295	0.572	0	0.000
14	130.389	6.386	6.411	59.403	65.306	5.903	54.643	43.601982	14.330628	62.295	2.386	0	0.000
15	203.470	7.042	8.961	58.795	64.465	5.670	103.234	43.601941	14.330701	61.757	1.971	0	0.000
16	544.508	3.659	24.080	60.961	73.456	12.495	421.516	43.599723	14.334702	67.635	1.292	0	0.000
17	130.508	3.235	8.180	69.705	75.337	5.632	72.050	43.599728	14.334462	72.936	1.811	0	0.000
18	244.638	9.953	13.420	83.960	86.425	2.465	75.581	43.594121	14.336521	85.277	3.237	0	0.000
19	136.963	2.453	16.038	66.672	74.160	7.488	29.747	43.607221	14.338402	69.394	4.604	0	0.000
20	102.258	4.690	6.158	54.201	57.908	3.707	55.670	43.597764	14.338502	55.999	1.837	0	0.000
21	641.608	23.261	18.058	82.987	86.446	3.459	308.713	43.597739	14.340207	85.045	2.078	0	0.000
22	169.432	6.352	13.591	81.740	86.434	4.694	76.712	43.592966	14.342297	84.272	2.209	0	0.000
23	102.155	4.413	5.200	79.281	83.225	3.944	59.033	43.600025	14.344017	81.315	1.730	0	0.000
24	232.758	10.100	11.497	61.750	66.868	5.118	134.608	43.603662	14.344414	64.310	1.729	0	0.000

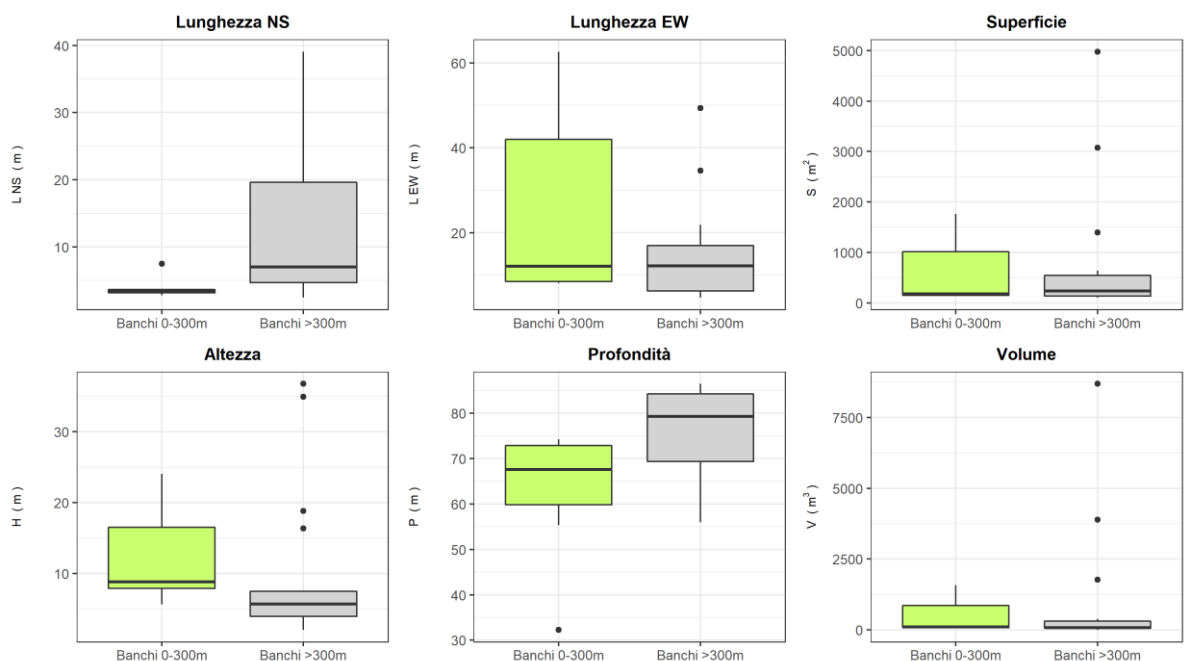


Fig. 3.88 - Box plot di alcune caratteristiche metriche e acustiche delle aggregazioni rilevate nel **novembre 2020**. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali *outliers*.

Nel **dicembre 2020** sono stati sondati 21 banchi di pesce, di cui 6 (fig. 3.89) entro 300 m

da Bonaccia NW (banchi nn. 12, 14, 15, 16, 17 e 18). L'aggregazione n. 12 è risultata la più vicina (49,628 m dalla piattaforma), mentre quella più lontana è stata la n. 4, rilevata a 1021,631 m (Tab. 3-LVII).

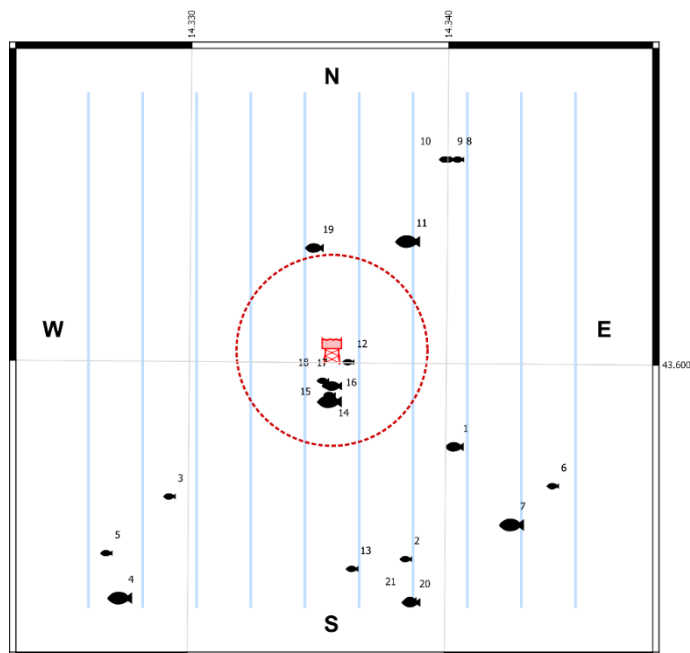


Fig. 3.89 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **dicembre** 2020. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXVII - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **dicembre** 2020. In evidenza i banchi entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	476,143	12	49,628
2	682,802	13	678,278
3	686,394	14	150,301
4	1021,631	15	130,001
5	952,761	16	100,758
6	801,168	17	102,431
7	772,669	18	92,401
8	723,157	19	339,584
9	708,472	20	816,876
10	702,398	21	809,088
11	422,009		

Il banco n. 14 ha presentato le dimensioni maggiori: superficie pari a 5869,967 m², volume di 4719,994 m³, estensione lungo la direttrice EW pari a 41,846 m e lungo la direttrice NS pari a 84,772 m (Tab. 3-LVIII). Il banco n. 21 è stato sondato alla maggiore profondità (85,965 m), mentre il n. 5 è risultato quello più superficiale (25,691 m dalla superficie). In generale, i *boxplot* riportati in fig. 3.90 indicano che le caratteristiche metriche dei banchi

posti entro e oltre i 300 m da Bonaccia NW sono comparabili eccetto in termini di sviluppo verticale, risultato maggiore per le aggregazioni più prossime alla piattaforma, e di profondità media, maggiore per i banchi più distanti.

Tab. 3-LXVIII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **dicembre** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In evidenza i banchi 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	790,486	23,016	18,380	82,841	87,076	4,235	490,527	43,597750	14,340231	85,087	1,612	0	0,000
2	108,547	6,159	4,573	64,424	69,333	4,909	61,708	43,594557	14,338368	66,880	1,759	0	0,000
3	188,004	9,506	13,734	83,148	85,155	2,007	69,300	43,596278	14,329149	84,504	2,713	0	0,000
4	1227,409	18,393	32,818	72,964	79,261	6,297	1152,244	43,593401	14,327256	75,836	1,065	0	0,000
5	140,249	8,893	5,539	22,211	29,216	7,005	71,739	43,594658	14,326717	25,619	1,955	0	0,000
6	224,943	5,775	6,466	60,550	72,237	11,687	113,605	43,596656	14,344065	66,249	1,980	0	0,000
7	1022,765	17,787	21,573	70,655	79,361	8,706	835,371	43,595556	14,342477	75,088	1,224	0	0,000
8	283,497	2,913	18,323	77,918	83,876	5,958	179,363	43,605875	14,340276	80,884	1,581	0	0,000
9	135,376	2,829	9,229	74,763	81,159	6,396	67,696	43,605874	14,339923	77,873	2,000	0	0,000
10	162,616	2,806	11,987	69,778	76,775	6,997	89,581	43,605874	14,339771	73,459	1,815	0	0,000
11	890,058	21,973	24,418	81,211	85,155	3,944	645,086	43,603552	14,338353	83,766	1,380	0	0,000
12	165,746	8,484	6,868	60,728	66,550	5,822	98,461	43,600117	14,336068	63,619	1,683	0	0,000
13	275,558	15,367	3,824	38,177	51,453	13,276	109,773	43,594268	14,336277	43,319	2,510	0	0,000
14	5869,967	84,772	41,846	46,797	80,464	33,667	4719,994	43,599003	14,335359	63,360	1,244	2	1,249
15	258,784	7,681	8,955	56,017	66,474	10,457	131,218	43,599188	14,335347	60,808	1,972	0	0,000
16	782,965	11,044	17,567	43,882	57,819	13,937	547,676	43,599444	14,335472	50,427	1,430	0	0,000
17	100,734	6,679	5,296	53,957	59,033	5,076	53,167	43,599448	14,335274	56,592	1,895	0	0,000
18	102,302	4,701	6,748	68,941	73,900	4,959	61,578	43,599586	14,335088	71,375	1,661	0	0,000
19	298,718	11,202	15,524	81,824	84,510	2,686	141,070	43,603346	14,334720	83,559	2,118	0	0,000
20	311,891	10,339	8,567	79,275	85,736	6,461	194,146	43,593337	14,338585	82,824	1,606	0	0,000
21	104,343	4,951	10,917	84,284	87,611	3,327	33,551	43,593403	14,338553	85,965	3,110	0	0,000

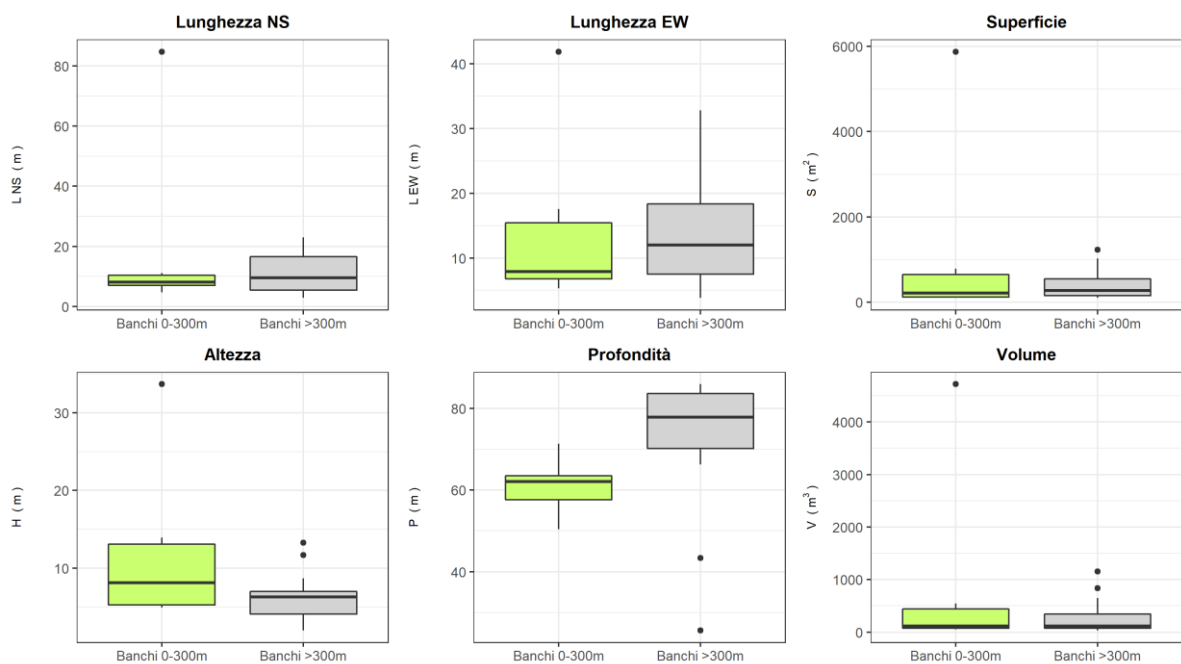


Fig. 3.90 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in **dicembre** 2020. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

Si riportano alcuni esempi di rappresentazioni tridimensionali dei banchi di pesci rilevati nei campionamenti sopra descritti che permettono una percezione spazio-temporale dei banchi stessi nell'ambiente circostante la piattaforma Bonaccia NW. (figg. 3.91 - 3.96).

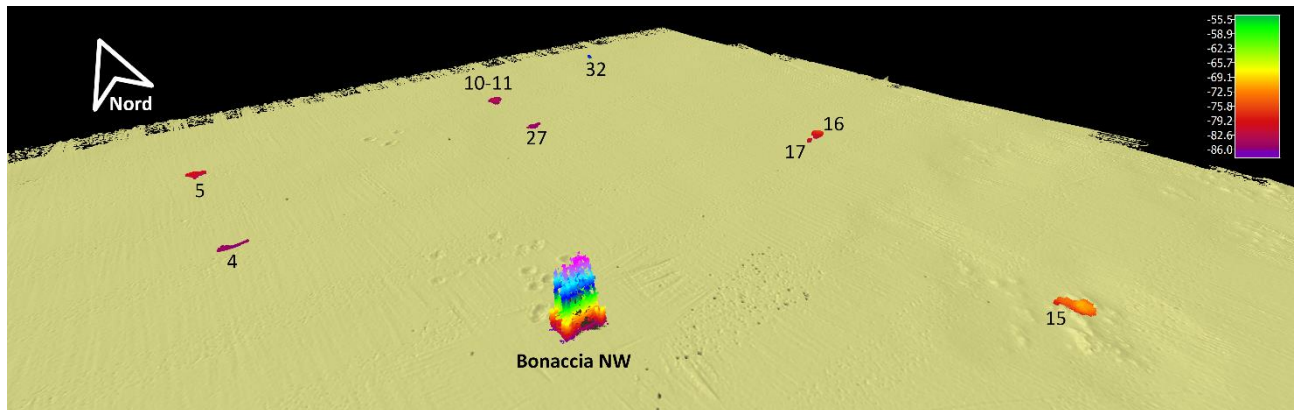


Fig. 3.91 – Immagine tridimensionale da Sud-Ovest della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce di **luglio 2020**. Al margine inferiore dell'immagine è visibile Bonaccia NW.

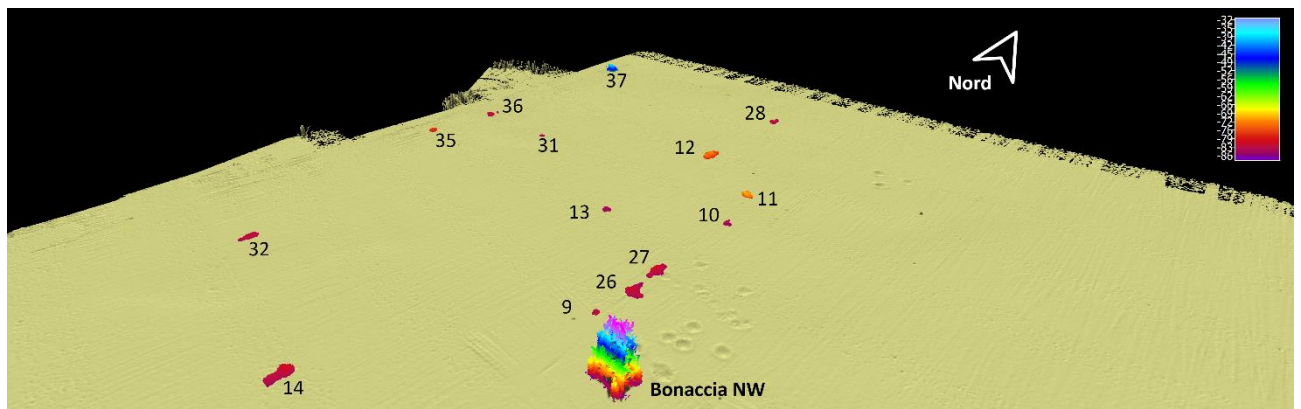


Fig. 3.92 – Immagine tridimensionale da Sud-Est della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce di **agosto 2020**. Al margine inferiore dell'immagine è visibile Bonaccia NW.

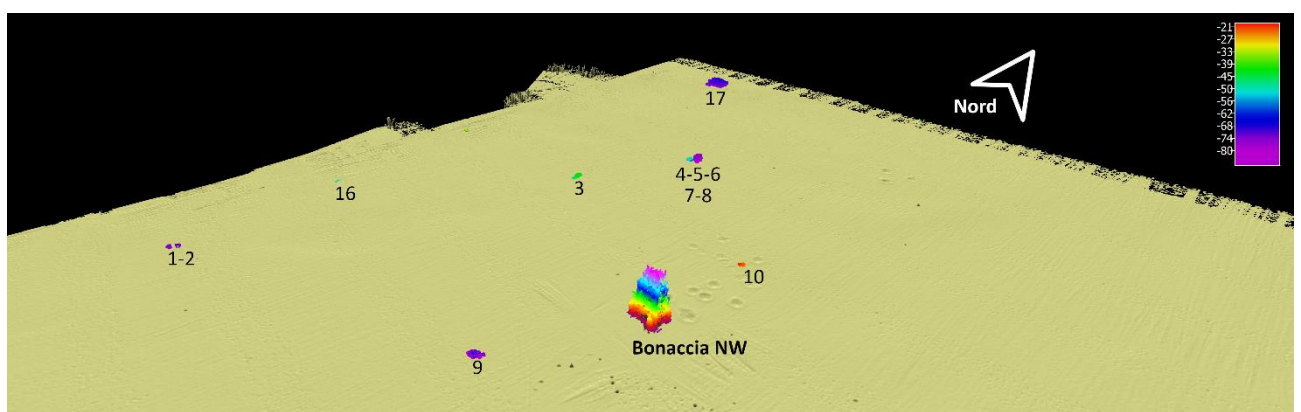


Fig. 3.93 – Immagine tridimensionale da Sud-Est della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce nel **settembre 2020**. Al centro dell'immagine è visibile la struttura Bonaccia NW.

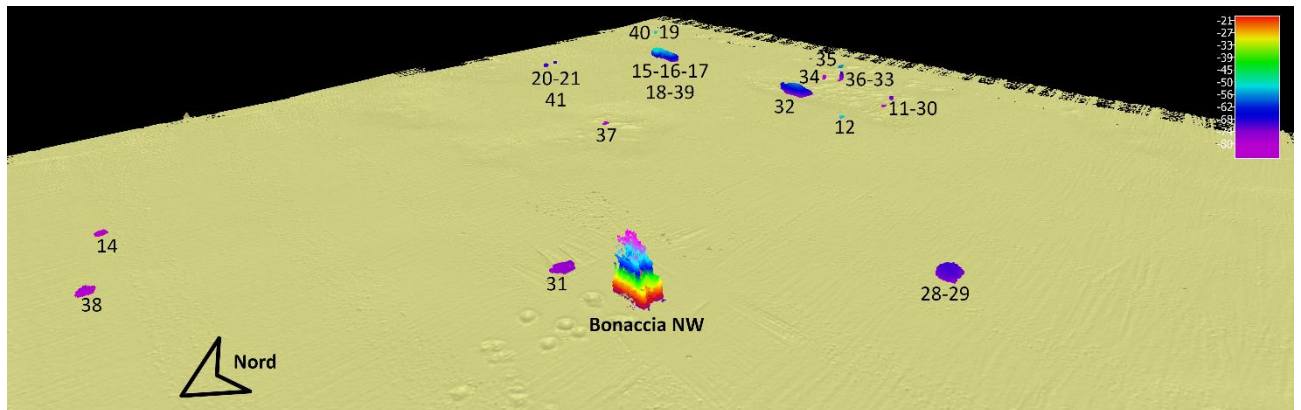


Fig. 3.94 – Immagine tridimensionale da Nord-Ovest della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce in **ottobre 2020**. Al centro, nell’immagine, è visibile Bonaccia NW.

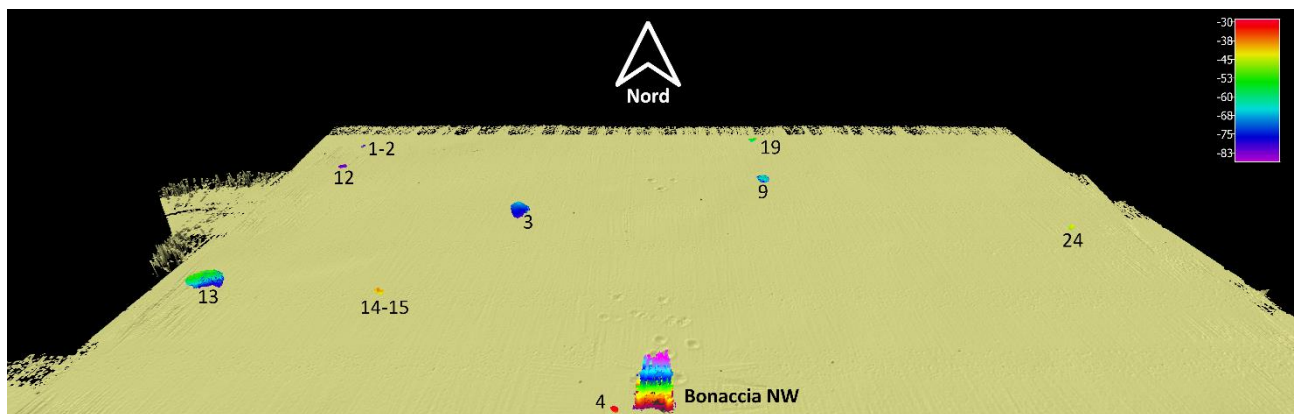


Fig. 3.95 – Immagine tridimensionale da Sud della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **novembre 2020**. Al centro in basso dell’immagine è visibile Bonaccia NW.

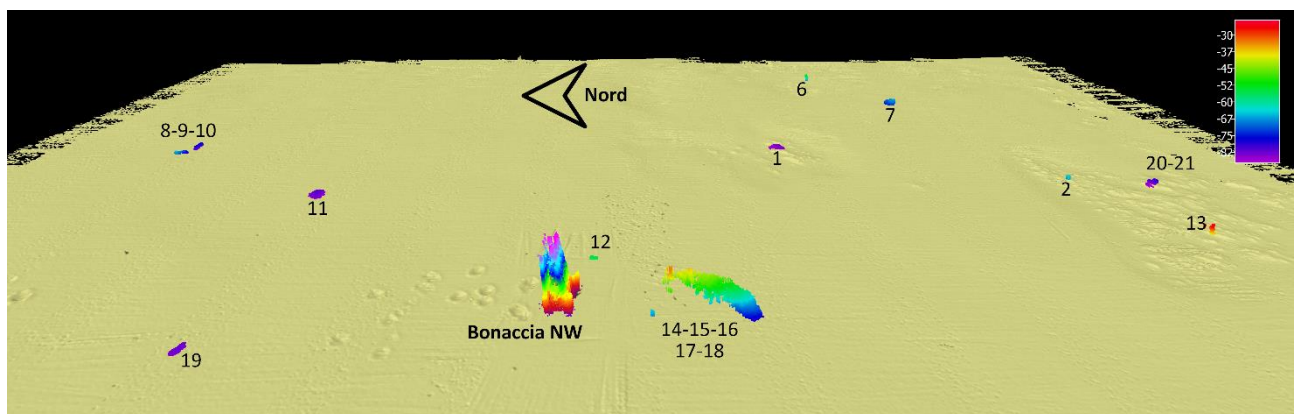


Fig. 3.96 – Immagine tridimensionale da Ovest della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **dicembre 2020**. Al centro dell’immagine è visibile Bonaccia NW.

3.8.3. INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA

Le registrazioni con telecamera in prossimità della piattaforma per ispezionare l’habitat ittico sono state effettuate durante ogni survey. Nei mesi di luglio e settembre 2020 non

sono stati avvistati banchi di pesce in prossimità del luogo di campionamento; nel mese di dicembre 2020 la torbidità, specie al fondo, non ha restituito immagini nitide della popolazione ittica, pur presente in moderata quantità.

Nel mese di **agosto** 2020 sono stati osservati diversi esemplari giovanili di *Seriola dumerilii* (PA-P) nei primi 20-30 m di profondità (figg. 3.97a e 3.97b). Un banco corposo di *Pagellus* spp (fig. 3.97c) (NB-PA) e un esemplare di *Trisopterus minutus mapelanus* (NB-PA, evidenziato in bianco) sono stati rilevati vicino al fondo in prossimità dei pali della piattaforma.

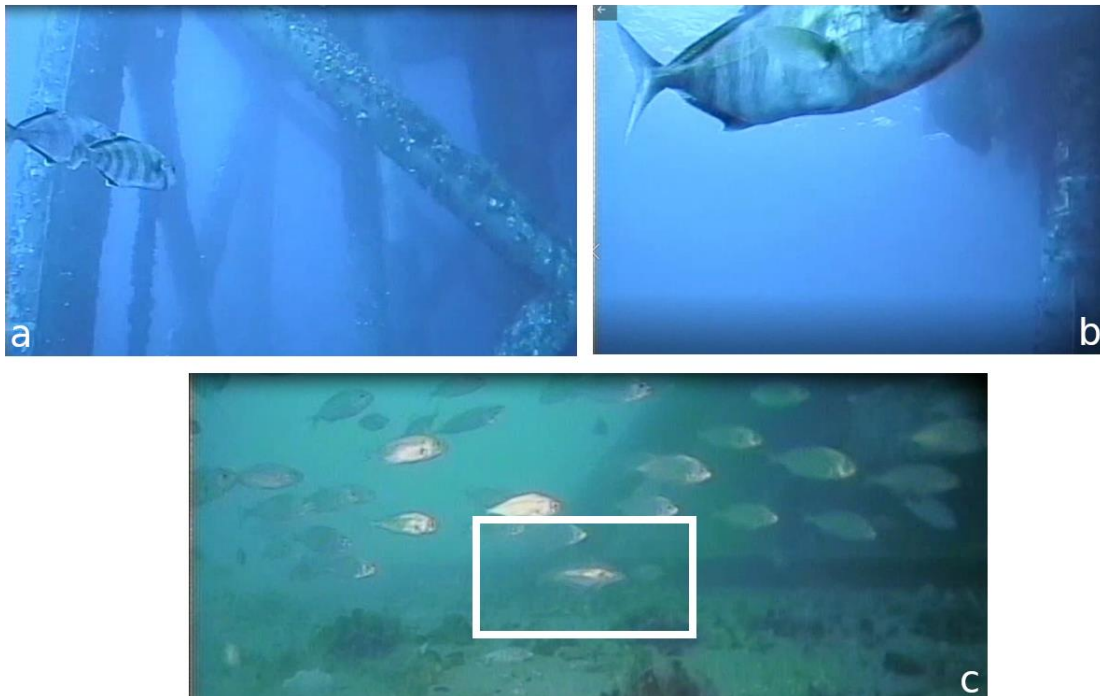


Fig 3.97 - Agosto 2020. Esemplari giovanili di *Seriola dumerilii* (a e b) in superficie tra i pali della piattaforma; banco di grandi dimensioni (c) di *Pagellus* spp con esemplare di *Trisopterus minutus capelanus* in prossimità del fondo.

Nel mese di **ottobre** sono stati osservati grandi banchi di *Trachurus trachurus* e *Boops boops* (P-PA) con la presenza di pochi esemplari di *Diplodus vulgaris* (NB-PA) ad una profondità compresa tra 20 e 30 m dalla superficie in prossimità dei pali della piattaforma (fig. 3.98). Nessun pesce è stato osservato sul fondo.



Fig. 3.98 - Ottobre 2020. Banchi di specie pelagiche tra i pali della piattaforma acrivibili a *Trachurus trachurus* e *Boops boops* ed esemplari di *Diplodus vulgaris* (evidenziati in bianco).

A **novembre** è stata registrata una cospicua presenza di *S. dumerilii* nei primi 15-20 m di profondità (figs. 3.99a e 3.99b). In prossimità del fondale sono stati avvistati esemplari di *T. minutus capelanus* e di *D. vulgaris* all'interno di un banco di pesci pelagici, presumibilmente appartenenti al genere *Pagellus* (fig. 3.99c).

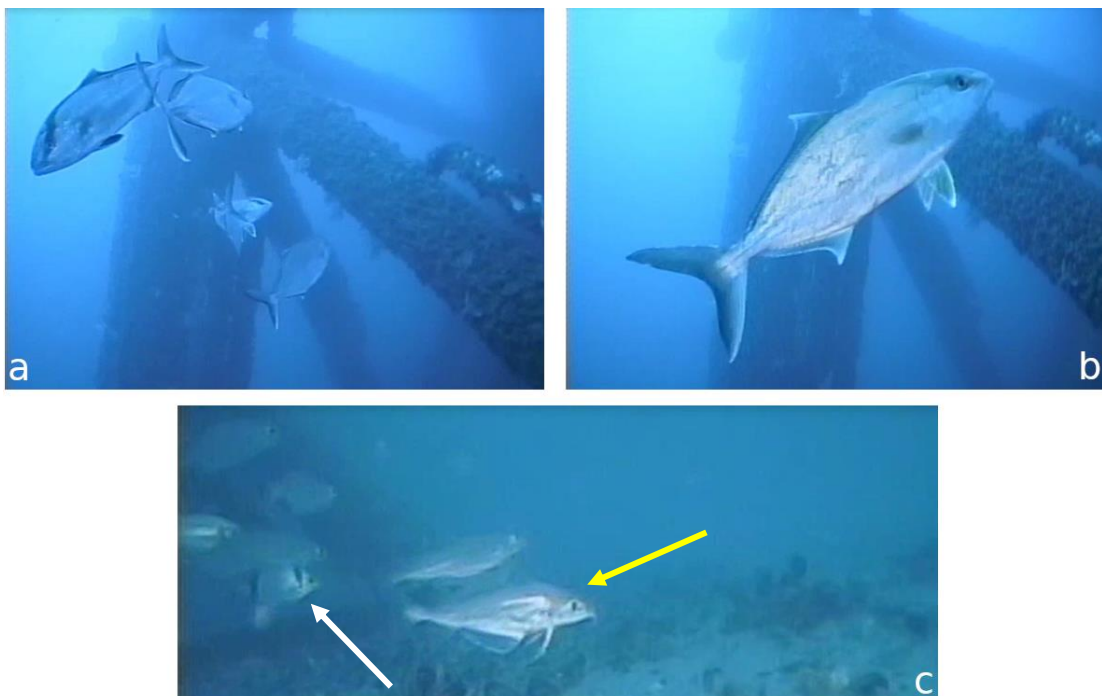


Fig. 3.99 – Novembre 2020. Esemplari di *Seriola dumerilii* ad una profondità di circa 20 m (a e b) tra i pali della piattaforma. Banco presumibilmente di *Pagellus* spp (c) con esemplari di *Diplodus vulgaris* (freccia bianca) e *Trisopterus minutus capelanus* (freccia gialla) in prossimità del fondo.

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-LXIX). 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, due nel 4° anno e 2 nel 5°. 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. 3.100). 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. 3.100 - 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.

Nel 2020 sono avvenuti due avvistamenti il 30 settembre e uno il 15 novembre. A settembre è stato avvistato alle ore 17:05 un esemplare adulto di *T. truncatus* in travelling accanto all'imbarcazione che si trovava a circa 700 m in avvicinamento alla piattaforma in direzione SE (fig. 3.101). Dopo circa un'ora sono stati osservati due esemplari in feeding dietro ad un peschereccio che stava svolgendo operazioni di cala a circa 1 km a Ovest da Bonaccia NW. Infine, a novembre è stato avvistato un tursiope a circa 500 m dalla piattaforma verso NW.

Tab. 3-LXIX - Survey condotti durante il pre-survey (PS) e nella fase di produzione (PL) 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	

* *Caretta caretta*

		N. survey	N. avvist.	N. esemplari avvistati
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	
5° anno PL	Gennaio 2020	3	0	
	Febbraio 2020	3	0	
	Maggio 2020	3	0	
	Giugno 2020	3	0	
	Luglio 2020	3	0	
	Agosto 2020	3	0	
	Settembre 2020	3	2	1+2
	Ottobre 2020	3	0	
Novembre 2020	3	1	1	
Dicembre 2020	3	0		



Fig. 3.101 - Esemplare di *T. truncatus* avvistato il 30 settembre 2021 a circa 700 m dalla piattaforma Bonaccia NW in avvicinamento alla struttura.

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 2020 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 in Tab. 3-LXX, 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 A4, BO SW, K1 e K2 dove è stata elaborata una classe di pericolo chimico Assente o 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 (o Trascurabile) e Bassa per tutti i campioni.

Tab. 3-LXX - 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	51,7% Ni	2	15	32	2,9	MEDIO	51,7% Ni	2	22	32	2,9	MEDIO	-	0	19	32	0,2	ASSENTE
A2	58,5% As	2	22	32	3,1	MEDIO	58,5% As	2	22	32	3,1	MEDIO	100% As	1	19	32	1,1	TRASCURABILE
A3	61,3% As	2	22	32	3,4	MEDIO	61,3% As	2	22	32	3,3	MEDIO	100% As	1	19	32	1,3	TRASCURABILE
A4	100% Ni	1	15	32	1,34	BASSO	100% Ni	1	22	32	1,31	BASSO	-	0	19	32	0,12	ASSENTE
BO NW	52,9% Ni	2	15	32	2,95	MEDIO	52,9% Ni	2	22	32	2,95	MEDIO	-	0	19	32	0,16	ASSENTE
BO SE	63,8% As	2	15	32	3,39	MEDIO	63,8% As	2	22	32	3,37	MEDIO	100% As	1	19	32	1,36	BASSO
A5	61,9% As	2	22	32	3,28	MEDIO	61,9% As	2	22	32	3,27	MEDIO	100% As	1	19	32	1,27	TRASCURABILE
A6	56,7% As	2	15	32	3,7	MEDIO	56,7% As	2	22	32	3,7	MEDIO	100% As	1	19	32	1,32	BASSO
A7	55,7% As	2	22	32	3,36	MEDIO	55,7% As	2	22	32	3,34	MEDIO	100% As	1	19	32	1,18	TRASCURABILE
A8	39,5% As	3	15	32	4,63	MEDIO	39,5% As	3	22	32	4,63	MEDIO	100% As	1	19	32	1,18	TRASCURABILE
B1	53,5% As	2	15	32	3,34	MEDIO	53,5% As	2	22	32	3,34	MEDIO	100% As	1	19	32	1,14	TRASCURABILE
B2	59,1% As	2	15	32	3,17	MEDIO	59,1% As	2	22	32	3,15	MEDIO	100% As	1	19	32	1,17	TRASCURABILE
B3	57,0% As	2	15	32	3,16	MEDIO	57,0% As	2	22	32	3,15	MEDIO	100% As	1	19	32	1,13	TRASCURABILE
B4	55,8% As	2	15	32	3	MEDIO	55,8% As	2	22	32	3	MEDIO	-	0	19	32	0,15	ASSENTE
BO NE	61,6% As	2	15	32	3,03	MEDIO	61,6% As	2	22	32	3,02	MEDIO	100% As	1	19	32	1,17	TRASCURABILE
BO SW	100% As	1	15	32	1,89	BASSO	100% As	1	22	32	1,86	BASSO	100% As	1	19	32	1,12	TRASCURABILE
B5	62,9% As	2	15	32	3,17	MEDIO	62,9% As	2	22	32	3,16	MEDIO	100% As	1	19	32	1,24	TRASCURABILE
B6	62,5% As	2	15	32	3,36	MEDIO	62,5% As	2	22	32	3,35	MEDIO	100% As	1	19	32	1,31	BASSO
B7	53,5% As	2	15	32	3,34	MEDIO	53,5% As	2	22	32	3,33	MEDIO	100% As	1	19	32	1,13	TRASCURABILE
B8	50,7% As	2	15	32	2,96	MEDIO	50,7% As	2	22	32	2,96	MEDIO	-	0	19	32	0,15	ASSENTE
K1	-	0	19	32	0,16	ASSENTE	-	0	19	32	0,13	ASSENTE	-	0	19	32	0,08	ASSENTE
K2	51,9% As	1	15	32	2,58	BASSO	51,9% As	1	22	32	2,57	BASSO	-	0	19	32	0,13	ASSENTE
K3	50,5% Ni	2	15	32	3,01	MEDIO	50,5% Ni	2	22	32	3,01	MEDIO	-	0	19	32	0,16	ASSENTE
K4	54,7% Ni	2	15	32	3,06	MEDIO	54,7% Ni	2	22	32	3,06	MEDIO	-	0	19	32	0,16	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-LXXI).

Tab. 3-LXXI - 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	13	1	0	0	0	1,39	BASSO
A4	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
BO NW	12	1	1 (Ba)	0	0	5,65	BASSO
BO SE	13	0	1 (Ba)	0	0	4,32	BASSO
A5	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
A6	13	1	0	0	0	1,37	BASSO
B3	13	1	0	0	0	1,36	BASSO
B4	13	1	0	0	0	1,39	BASSO
BO NE	12	1	1 (Ba)	0	0	5,63	BASSO
BO SW	12	1	1 (Ba)	0	0	5,66	BASSO
B5	12	2	0	0	0	1,66	BASSO
B6	13	1	0	0	0	1,45	BASSO
K1	13	1	0	0	0	1,39	BASSO
K2	14	0	0	0	0	0	ASSENTE
K3	13	1	0	0	0	1,36	BASSO
K4	14	0	0	0	0	0	ASSENTE

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 sia nei mitili del campione "vicino anodo" che in quelli del campione "lontano anodo" (Tab. 3-LXXII).

Tab. 3-LXXII - 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	30	1	2 (Cd-Hg)	0	0	7,89	BASSO
lontano anodo	29	3	1 (Hg)	0	0	5,52	BASSO

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-LXXIII.

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

Tab. 3-LXXIII - 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	6	0	2 (Cat- Met)	0	0	BASSO
lontano anodo	8	0	0	0	0	ASSENTE

3.10.4. CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DEI SEDIMENTI (LOE4)

La Tab. 3-LXXIV 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'elaborazione ponderata di tutta la batteria ha evidenziato un livello complessivo di pericolo ecotossicologico Assente per tutti i campioni di sedimenti.

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

Campione	Specie	HQ _i	HQ _{BATTERIA}	Livello di pericolo ecotossicologico
A3	<i>Vibrio fischeri</i>	0,62	0,46	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,21		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,78		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
A4	<i>Vibrio fischeri</i>	0,78	0,43	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,71		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
BO NW	<i>Vibrio fischeri</i>	1,15	0,45	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,57		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,86		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
BO SE	<i>Vibrio fischeri</i>	0,67	0,43	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,42		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,36		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
A5	<i>Vibrio fischeri</i>	0,61	0,26	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,08		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,78		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
A6	<i>Vibrio fischeri</i>	0,13	0,33	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,85		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,93		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
B3	<i>Vibrio fischeri</i>	0,38	0,43	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,57		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,5		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
B4	<i>Vibrio fischeri</i>	0,51	0,33	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,17		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,21		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
BO NE	<i>Vibrio fischeri</i>	0,42	0,39	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,71		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,14		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
BO SW	<i>Vibrio fischeri</i>	0,15	0,18	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,86		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		

Tab. 3-LXXIV – Continuo.

Campione	Specie	HQ _i	HQ _{BATTERIA}	Livello di pericolo ecotossicologico
B5	<i>Vibrio fischeri</i>	0,58	0,53	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,13		
	<i>Crassostrea gigas</i>	2,35		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
B6	<i>Vibrio fischeri</i>	0,13	0,17	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,08		
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,78		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
K1	<i>Vibrio fischeri</i>	0,66	0,31	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,13		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
K2	<i>Vibrio fischeri</i>	0,38	0,53	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,57		
	<i>Crassostrea gigas</i>	2,07		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
K3	<i>Vibrio fischeri</i>	1,04	0,42	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,36		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		
K4	<i>Vibrio fischeri</i>	0,77	0,36	ASSENTE
	<i>Corophium orientale</i>	0,08		
	<i>Crassostrea gigas</i>	1,21		
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0		

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

















Tab. 3-LXXV - 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	11,8	ASSENTE
A2	10,6	ASSENTE
A3	9,4	ASSENTE
A4	6,0	ASSENTE
BO NW	5,3	ASSENTE
BO SE	5,7	ASSENTE
A5	6,7	ASSENTE
A6	8,0	ASSENTE
A7	8,3	ASSENTE
A8	12,4	ASSENTE
B1	12,1	ASSENTE
B2	9,4	ASSENTE
B3	10,5	ASSENTE
B4	9,7	ASSENTE
BO NE	9,2	ASSENTE
BO SW	7,4	ASSENTE
B5	8,1	ASSENTE
B6	9,0	ASSENTE
B7	7,6	ASSENTE
B8	9,8	ASSENTE
K1	11,5	ASSENTE
K2	11,3	ASSENTE
K3	12,8	ASSENTE
K4	12,2	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-LXXVI 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 per tutti i siti indagati eccetto A4 e K1 in cui è Assente.

Tab. 3-LXXVI 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	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
A4	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
BO NW	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
BO SE	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
A5	MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
A6	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B3	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B4	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
BO NE	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
BO SW	BASSO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B5	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
B6	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
K1	ASSENTE	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
K2	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
K3	MEDIO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
K4	MEDIO	ASSENTE	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 (Tab. 3-LXXVII e fig. 3.94) permettendo di poter escludere situazioni compromesse nel sito della piattaforma investigata come già rilevato nell’estate 2019 (Spagnolo *et al.*, 2021b).

Tab. 3-LXXVII - 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	MEDIO	BASSO	BASSO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO

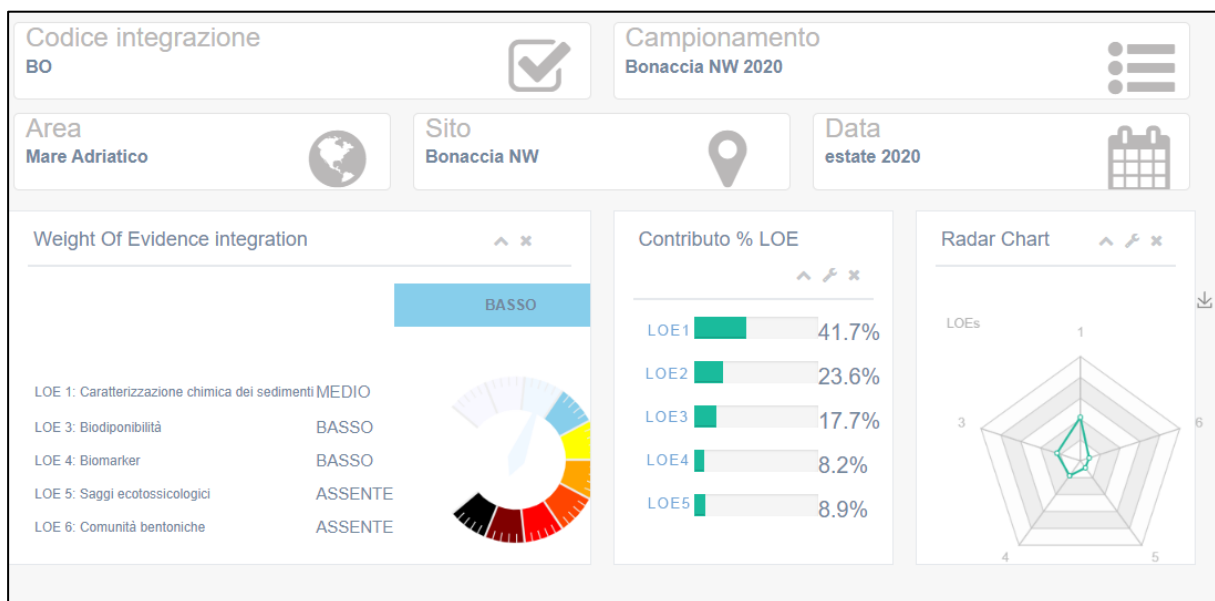


Fig. 3.102 – Output modello Sediqualsoft: integrazione complessiva WOE (Weight of Evidence) per la piattaforma Bonaccia NW.

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 a partire dal 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, Clara NW; Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022); 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 biomarker in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse della struttura, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico, avvistamenti di cetacei e rettili marini.

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 2020 (5° anno della fase di produzione della struttura) confrontati con i precedenti. Si ricorda che nel 1° semestre 2020 parte delle indagini previste non sono state effettuate a causa dell'emergenza COVID-19 che ha di fatto bloccato con il lockdown tutte le attività a partire dal 9 marzo (Spagnolo *et al.*, 2021c). Tutte queste indagini non concluse sono state ripetute nel 1° semestre 2021 e per esse verrà prodotto un report ad hoc.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - Le caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua osservate nel 2020 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Bonaccia NW sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2015b; 2016b; 2016c; 2017b; 2017c; 2018; 2019a; 2019b; Spagnolo *et al.*, 2020b; 2021b; 2021c).

Nel 2020 è stato registrato un lieve aumento dei valori medi di temperatura e salinità rispetto al 2019 e una minore attività fotosintetica.

Le concentrazioni di nutrienti, mediamente contenute, sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Rispetto al 2° semestre del 2019 nel medesimo periodo del 2020 sono state misurate concentrazioni comparabili per quanto riguarda i fosfati e l'ammonio, mentre i nitrati sono risultati moderatamente più contenuti nel 2020. I nitriti sono risultati invece comparabili ad eccezione di dicembre 2020, quando sono risultati maggiori. I silicati sono apparsi moderatamente più contenuti nell'estate 2020 rispetto al 2019 e moderatamente più elevati nell'autunno 2020 rispetto all'anno precedente. Non sono comunque emerse differenze rilevanti tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza.

Anche il carico solido sospeso è rientrato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti precedenti. I contenuti maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006), ma non sono stati raggiunti i valori massimi osservati nel 2° semestre 2019.

La clorofilla *a* nel 2020 è risultata più elevata in autunno e più contenuta in estate; rispetto

all'anno precedente le concentrazioni medie sono risultate comparabili ad eccezione del periodo estivo, che l'anno precedente era stato caratterizzato da un contenuto maggiore. La clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) è risultata contenuta e comparabile a quanto osservato l'anno precedente. Anche la clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) è risultata confrontabile tra i due anni, ad eccezione di novembre quando è stata moderatamente più elevata rispetto allo stesso periodo del 2019. Le concentrazioni sono rientrate comunque nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998) e, anche per questi parametri, non sono emerse differenze tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle di controllo.

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.

Per quanto concerne gli inquinanti, dall'analisi dei risultati non emergono particolari criticità nel 2020, confermando anche per questi composti i dati già ottenuti. Sostanzialmente le loro distribuzioni sono risultate spazialmente omogenee, anche perchè le differenziazioni statistiche molto spesso non sono state possibili a causa della dispersione dei dati.

I valori di concentrazione sono risultati generalmente bassi, spesso al di sotto del limite di rilevabilità.

Le misure registrate nel 2020 sono risultate in linea con quelle del 2019, talvolta confermando un trend in diminuzione iniziato nel 2019.

Alla luce di quanto osservato si può concludere che nel biennio 2019-2020 le concentrazioni di inquinanti lungo la colonna d'acqua e la loro distribuzione geografica non hanno evidenziato effetti perturbativi significativi della piattaforma Bonaccia NW sull'ambiente marino, analogamente a quanto rilevato in precedenza.

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 2020. 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.

Nel 2020 la corrente è stata prevalentemente settentrionale con rotazioni verso SE e SW di durata variabile e velocità intorno a 0,1-0,2 m/s, con rari picchi fino a 0,4 m/s.

Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti – Dal punto di vista granulometrico l'area in cui 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 state osservate alterazioni di rilievo nella composizione granulometrica dei sedimenti e quelle rilevate, in prevalenza nel 2° survey condotto dopo l'installazione (estate 2016), hanno interessato anche i controlli. Alla fine del periodo di indagine complessivamente la tessitura dei sedimenti è risultata in linea con quella del pre-survey.

Per quanto concerne gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, durante il pre-survey e nel 1° anno di produzione della piattaforma i vari composti avevano presentato concentrazioni modeste, molto al di sotto dei valori di riferimento. Solo nell'Inverno 2017 (3° survey post lavori di installazione) era avvenuto un diffuso incremento di IPA dovuto quasi esclusivamente al Naftalene, le cui concentrazioni erano risultate più elevate rispetto al periodo di indagine precedente e in molti casi maggiori del Livello Chimico di Base (LCB). Tuttavia, concentrazioni simili a quelle della piattaforma e dei transetti erano state registrate anche nelle stazioni di controllo, escludendo che la presenza di questo composto aromatico fosse esclusivamente correlata alla piattaforma. In tutto il periodo successivo gli IPA hanno conservato tenori molto bassi, con differenze trascurabili tra i siti di indagine, indicando l'assenza di un effetto di Bonaccia NW su questi contaminanti.

Le concentrazioni degli idrocarburi totali leggeri (C<12) sono risultate sempre al di sotto del limite di quantificazione. Una diffusa presenza di idrocarburi totali pesanti (C>12) era stata individuata nell'area durante il pre-survey; essa si però è ridotta considerevolmente nel corso dei monitoraggi successivi, quando le concentrazioni sono sempre risultate basse e

occasionalmente inferiori al limite di quantificazione. Pertanto, Bonaccia NW non influenza la distribuzione di questi contaminanti.

Per quanto riguarda i metalli pesanti, le concentrazioni rilevate sono risultate tendenzialmente modeste e generalmente inferiori ai valori di riferimento. La maggior parte degli elementi ricercati non ha subito variazioni importanti dal pre-survey sino a fine periodo, anche se è avvenuta qualche anomalia a carico di alcuni metalli. In particolare si evidenzia l'arsenico le cui concentrazioni sono risultate più elevate rispetto a quelle del pre-survey già a partire dal 1° monitoraggio post lavori di installazione. Spesso tali concentrazioni sono risultate superiori rispetto al Livello Chimico di Riferimento Nazionale (LCRN) riportato nel DM 173/2016, in particolare lungo i transetti ma anche nei siti di controllo. Nell'estate 2019 le concentrazioni rilevate in BO SE e nei siti A7 (120 m a SE della piattaforma), B4 (30 m a NE) e B7 (120 m a SW) erano risultate più che doppie rispetto all'LCRN, così come il contenuto in BO SE registrato nell'estate 2020. In tutti questi casi è stata eseguita l'estrazione sequenziale del metallo per verificarne la natura e, da tale analisi, è emerso che oltre il 70-80% di arsenico è presente nella forma non biodisponibile.

Da segnalare il comportamento del bario che, pur presentando concentrazioni generalmente basse, già durante i lavori di posa in opera ha manifestato occasionalmente dei picchi di concentrazione prevalentemente presso la struttura. Nell'estate 2018 (fine del 3° anno di indagine post lavori) la situazione appariva normalizzata. Nel monitoraggio successivo (7° post lavori; inverno 2019), invece, il bario aveva mostrato una recrudescenza, esibendo presso Bonaccia NW un tenore medio oltre 10 volte più elevato rispetto a quello dei controlli. Nell'estate del medesimo anno tali picchi non sono stati registrati, ma permanevano in due siti adiacenti la struttura (BO SE e BO NE) evidenti anomalie positive, seppur molto inferiori all'inverno precedente. Nell'estate 2020 il picco di BO NE si è fortemente ridotto mentre quello di BO SE è aumentato ulteriormente pur non raggiungendo i livelli degli anni precedenti. A partire dall'inverno 2019 per questi casi anomali si è ritenuto opportuno valutarne la biodisponibilità procedendo con l'estrazione sequenziale del bario poiché, anche se non si tratta di un metallo normato e non è noto per la tossicità ambientale; come limite di riferimento è stato considerato il doppio della concentrazione rilevata nel pre-survey. Ebbene, in tutti i casi in cui è stata effettuata l'estrazione sequenziale è emerso che la frazione non biodisponibile è di gran lunga superiore a quella biodisponibile, rappresentando sempre oltre il 70%.

Comunque, come osservato in precedenza, si conferma che le anomalie descritte, seppur modeste in valore assoluto, indicano un effetto di Bonaccia NW sulla dinamica del bario.

L'ultimo metallo per il quale è stato rilevato un comportamento particolare è il silicio, che ha presentato nell'intero periodo un'elevata variabilità: nel pre-survey le concentrazioni erano per lo più risultate inferiori al limite di quantificazione, mentre durante le operazioni di installazione in prossimità della struttura si registravano tenori 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 alla struttura rispetto ai controlli. Poi nelle campagne successive i valori si sono ridotti, risultando più omogenei tra loro e confrontabili. Nell'estate 2019 (8° post lavori), invece, sono state osservate 3 anomalie positive (a 250 m a NE della struttura, in BO NE e in BO SW). Anche i dati relativi all'ultimo monitoraggio dimostrano che rispetto al pre-survey il silicio è aumentato un po' ovunque ma, dati i comportamenti altalenanti osservati per tutta la durata dello studio, non ci sono elementi inequivocabili per identificare relazioni di causalità con la presenza della piattaforma.

Riguardo alla sostanza organica, in tutto il periodo nell'area circostante la piattaforma è stata rilevata un'unica anomalia durante i lavori di installazione in BO SW. Negli altri campionamenti le concentrazioni sono sempre rientrate nei range dei controlli, pertanto non vi sono alterazioni di questa variabile dovute alla presenza di Bonaccia NW.

Infine il TOC, praticamente assente nel pre-survey, è stato quantificato nei monitoraggi successivi con concentrazioni confrontabili nell'area circostante la piattaforma nei siti di controllo. Le uniche anomalie evidenti riguardano alcuni siti campionati nell'estate 2016 (2° survey post lavori di installazione); qualche altra concentrazione maggiore rispetto a quelle dei siti di riferimento è stata registrata sporadicamente.

Ecotossicologia dei sedimenti – I saggi biologici eseguiti nel 10° monitoraggio post lavori di installazione (estate 2020) 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 un episodio isolato.

Per quanto concerne il test per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*, eccetto nel pre-survey sono stati sempre osservati segnali di tossicità più o meno estesa e più o meno grave in tutto il periodo, sempre presente anche uno o più controlli. L'estate 2019 ha rappresentato 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 era risultata bassa o media, analogamente alle stazioni di controllo. Nell'ultimo campionamento condotto nell'estate 2020 è avvenuto un generale miglioramento, soprattutto nell'area circostante la piattaforma.

Analisi di biomarker e inquinanti in *Hediste diversicolor* - Gli indici biologici di stress condotti su *H. diversicolor* nell'estate 2020 confermano nel complesso quanto rilevato nei due monitoraggi del 2019, ovvero uno scarso effetto tossico associato alla presenza di sostanze inquinanti nei sedimenti, come indicato dalla mortalità dei policheti utilizzati risultata identica a quella del controllo e dai diversi biomarker utilizzati. Viene osservata una lieve forma di stress già rilevata nelle stagioni precedenti associata ai livelli di metallotioneine e alla stabilità delle membrane lisosomiali nei celomociti degli organismi esposti ai sedimenti prelevati vicino alla piattaforma. L'aumento delle metallotioneine nei siti BO posti a ridosso della struttura può essere correlato al bioaccumulo di alcuni elementi quali arsenico, piombo, nichel e zinco. Comunque, anche nell'ultimo survey si conferma il basso numero di metalli bioaccumulati e, dunque, dei livelli di biodisponibilità. Nell'ultimo campionamento è stato osservato il ripristino delle funzionalità mitocondriali nei celomociti e la valutazione dei livelli dei composti aromatici ha indicato l'assenza di accumulo di idrocarburi policiclici aromatici nei tessuti. Infine, anche nell'estate 2020 è risultata assente la stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti. Si può pertanto concludere che l'ambiente circostante la piattaforma non presenta particolari condizioni di stress per i policheti.

Analisi di inquinanti e biomarker in *Mytilus galloprovincialis* - Analogamente all'estate 2019 l'analisi del bioaccumulo di idrocarburi alifatici, di Idrocarburi Policiclici Aromatici e di elementi in traccia non evidenzia particolari criticità nei mitili analizzati nell'ultimo campionamento (estate 2020), con valori solitamente sempre bassi o inferiori ai LOD delle metodiche analitiche e, comunque, sempre rientranti all'interno dei range di variazione nota

per mitili provenienti da aree costiere o off-shore non soggette da fenomeni di contaminazione o perturbativi. Alcune eccezioni per le quali si valuteranno i risultati del survey da effettuare nell'inverno 2021 (recupero del campionamento invernale del 2020 non completato per il lockdown da COVID-19) si riferiscono ai livelli di bario che nell'estate del 2020 risultano statisticamente maggiori nei mitili di piattaforma rispetto al sito di riferimento e agli altri siti e punti temporali esaminati in passato, al rame che mostra livelli piuttosto alti in tutti i mitili analizzati, e ad alcuni livelli di IPA ad alto peso molecolare (Pirene e Fluorantene) riscontrati nei mitili di piattaforma campionati vicino all'anodo sacrificale.

Per quanto concerne i biomarker analizzati nell'estate 2020, come precedentemente non sono emerse alterazioni significative negli esemplari della piattaforma rispetto a quelli di riferimento ad eccezione di alcune variazioni puntiformi, come l'inibizione dell'attività enzimatica della catalasi e l'induzione dei livelli di metallotioneine nei mitili campionati in piattaforma nel sito vicino all'anodo sacrificale, variazioni che tuttavia possono essere ascrivibili a situazioni temporanee o a normali fluttuazioni biologiche tipiche di questi organismi bioindicatori.

Comunità bentonica – Come già osservato in tutti i survey finora condotti (Spagnolo *et al.*, 2021b; 2021c), anche nell'estate 2020 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. Tuttavia, in corrispondenza della struttura sono risultati particolarmente importanti i taxa di substrato duro o comunque ecologicamente legati ad essi, che sono aumentati progressivamente dal 1° al 5° anno di produzione. Nelle strette vicinanze di 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. Già dal 2017 (2° anno post installazione) i valori maggiori di tutti gli indici biotici sono stati registrati nelle stazioni corrispondenti alla piattaforma con una tendenza al decremento alle distanze maggiori. Ciò a portato a fine periodo di indagine a un aumento della Ricchezza specifica totale rispetto al pre-survey di 6 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 (Spagnolo *et al.*, 2002; 2006; 2009; Fabi *et al.*, 2005c; Trabucco *et al.*, 2006; 2008; Manoukian *et al.*, 2010; Punzo *et al.*, 2015).

L'applicazione dell'analisi SIMPER per valutare l'influenza della piattaforma sui sedimenti circostanti dopo 5 anni dall'entrata in produzione ha confermato la peculiarità della comunità bentonica insediata nelle immediate vicinanze della struttura e una maggiore similitudine tra i popolamenti presenti ai controlli e quelli osservati nei siti posizionati ad almeno 30 m di distanza da Bonaccia NW, suggerendo un raggio di influenza da parte della piattaforma abbastanza limitato spazialmente.

Lo stato ecologico relativo all'ultimo monitoraggio è risultato compreso tra buono/moderato e moderato ovunque. Nel tempo presso Bonaccia NW non si sono verificate mai situazioni peggiori rispetto ai riferimenti. Anzi, a volte lo stato ecologico dei siti della piattaforma è risultato migliore rispetto a quello dei controlli.

Comunità ittica - I risultati dei campionamenti di pesca effettuati nei cinque 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 pregressi effettuati in Adriatico settentrionale presso altre strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2004a; 2004b; 2006; 2010b; 2015a; 2016a; Scarcella *et al.*, 2011; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022) 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).

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 i bentonici *Scorpaena porcus*, *Conger conger*, *Mullus surmuletus* e la cernia di fondale

Polyprion americanus, un organismo non comune nell'area che predilige fondali duri e rinvenuto in prossimità di Bonaccia NW nella stagione estiva del 2016, il necto-bentonico *Spondilyosoma cantharus* e il pelagico *Seriola dumerili*. È stato anche rilevato il mollusco cefalopode *Octopus vulgaris*, anch'esso con un elevato grado di affinità per i substrati duri e i crostacei *Dromia personata* e *Palinurus elephas*. 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. È 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 come di consueto sono stati associati survey acustici eseguiti con MultiBeam Echosounder e indagini video per ottenere maggiori informazioni 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 2° semestre 2020, si può ipotizzare che i banchi relativamente piccoli individuati in prossimità del fondale (76-65 m) e nelle vicinanze della piattaforma, come i banchi nn. 21 e 26 di agosto, n. 9 di settembre e nn. 16 e 17 di novembre fossero rappresentati da specie necto-bentoniche parzialmente attratte come *Trisopterus minutus capelanus* o *Pagellus* spp. rinvenute anche nei campionamenti di pesca.

I banchi n. 9 di agosto, n. 31 di ottobre, nn. 5 e 8 di novembre e n. 14 di dicembre, presentando dimensioni notevoli e un grande sviluppo in altezza, sono probabilmente

riconducibili a specie pelagiche parzialmente attratte come quelle del genere *Trachurus* o *B. boops*. La presenza di questi organismi è stata confermata anche dalle riprese subacquee oltre che dai campionamenti di pesca.

Le riprese subacquee hanno anche documentato la presenza di specie non rinvenute o raramente presenti nei campionamenti di pesca quali il sarago *Diplodus vulgaris* e la ricciola *Seriola dumerili*.

A distanze maggiori dalla piattaforma Bonaccia NW sono stati rilevati banchi anche di notevoli dimensioni prevalentemente in prossimità del fondale, come ad esempio i nn. 12 e 34 di luglio, n. 34 e 37 di agosto, n. 17 di settembre, nn. 1, 18, 22 e 24 di ottobre, nn. 3 e 13 di novembre e i nn. 4 e 7 di dicembre, presumibilmente rappresentati da specie pelagiche non attratte come ad esempio sardine (*Sardina pilchardus*) e acciughe (*Engraulis encrasicolus*).

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 tursiopi (*Tursiops truncatus*) nell'area circostante la piattaforma Bonaccia NW durante la fase di pre-survey, tre nel 3° anno successivo all'entrata in produzione di Bonaccia NW, quando è stata avvistata anche una tartaruga marina della specie *Caretta caretta*, uno nel 4° anno (più una tartaruga) e due nel 5°. Durante queste occasioni solo nel luglio 2018 (3° anno post installazione) è stato avvistato un branco cospicuo di tursiopi, rappresentato da 12 esemplari. È 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 ad eccezione di A4 (posto a 30 m a NW della piattaforma) e del controllo K1 che mostrano un rischio Assente, confermando una generale condizione di buono stato ambientale nell'area della piattaforma. Anche considerando i risultati di integrazione delle singole LOE i livelli di pericolo misurati risultano Assenti e Bassi con eccezioni relative al livello di pericolo chimico dei sedimenti che risulta, per la maggior parte dei siti indagati, Medio (a causa di un livello più alto di As rispetto agli SQA; D.Lgs. 172/2015).

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 Bonaccia NW.

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., Clerandau C., Narbonne J.F., Boussetta H. 2009. Evaluation of enzymatic biomarkers and lipoperoxidation level in *Hediste diversicolor* exposed to copper and benzo[a]pyrene. *Ecotox. Environ. Safety*, 72: 1893–1898.
- Bouraoui Z., Banni M., Chouba L., Ghedira J., Clerandau C., Jebali J., Narbonne J.F., Boussetta H.

2010. Monitoring pollution in Tunisian coasts using a scale of classification based on biochemical markers in worms *Nereis (Hediste) diversicolor*. *Environ. Monit. Assess.*, 164: 691-700.
- 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.
- 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.
- Dauvin J.C., Ruellet T. 2007. Polychaete/amphipod ratio revisited. *Mar. Pollut. Bull.*, 55: 215-224.
- 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.
- 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.
- Etiopio G., Panieri G., Fattorini D., Regoli F., Vannoli P., Italiano F., Locritani M., Carmisciano C. 2014. A thermogenic hydrocarbon seep in shallow Adriatic Sea (Italy): Gas origin, sediment contamination and benthic foraminifer. *Mar. Petroleum Geol.*, 57: 283-293.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Grati F., Puletti M., Scarcella G. 2004b. Effects on fish community induced by the installation of two gas platforms (Adriatic sea). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 273: 187-197.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi "Naomi-Pandora". Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.

- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi "Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)". Rapporto conclusivo di due anni di indagine*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi, G., Ausili, S., Campanelli, A., De Biasi, A., Fornasiero, P., Grati, F., Grilli, F., Marini, M., Panfili, M., Paschini, E., Puletti, M., Scarcella, G., Spagnolo, A. 2005c. Evaluation of the ecological impact of gas platforms in the Adriatic Sea. Pagg. 127-139, *in*: Libro de Ponencias II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Marina e Océanos III Millennium Tomo I. Editorial C.P.D, Madrid.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S, Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + XLVI pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., 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., Tassetti 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.
- 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.
- 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., Leanarz 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.

- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113: C05S90. doi:10.1029/2007JC004370
- May R.M. 1979. Patterns of Species Abundance and Diversity. Pagg. 81-120, in: Cody M.L. and Diamond J.M. (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*, 4.
- 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., Brillì 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., Ciaprini 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.
- Punzo E., Gomiero A., Tassetti A.N., Strafella P., Santelli A., Salvalaggio V., Spagnolo A., Scarcella G., De Biasi A.M., Kozinkova L., Fabi G. 2017. Environmental impact of offshore gas activities on the benthic environment: a case study. *Environ. Manag.*, 60: 340-356.
- 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., Panfili M., Giampieri A., Spagne R., Trovatelli L. 2002. Cambiamenti indotti sulla comunità bentonica di fondo mobile da una piattaforma estrattiva offshore (Adriatico settentrionale). *Biol.Mar. Medit.* 9(1): 191–198.
- Spagnolo A., Ausili S., Fabi G., Manoukian S., Puletti M. 2006. Realizzazione di una piattaforma estrattiva offshore: effetti sul macrozoobenthos di fondo mobile. *Biol. Mar. Medit.*, 13(1):60–61.
- Spagnolo A., Manoukian S., Punzo E., Fabi G., Puletti M., Tavolini E. 2009. Impact of two off-shore gas platforms on the surrounding benthic communities (Western Adriatic Sea, Italy). In 9th Offshore Mediterranean Conference Proceedings, Ravenna, Italy
- 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., Manarini T., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Fase di produzione - Rapporto finale 4° anno (2019). Rapporto n. 13.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 295 + CXXXVIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Manarini T., Siena G., Saggiomo M., Urbini L. 2021c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 5° anno (2020). Rapporto n. 14.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 85 + XV pp.

- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Minelli A., Montagnini L., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 17.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 302 + CXXXVII 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.
- 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.