

ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO ANNAMARIA B
PIANO NAZIONALE**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA
DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA
III ANNO DI INDAGINE DURANTE LA FASE DI PRODUZIONE
RAPPORTO SEMESTRALE (ESTATE 2012)**

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

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:
GIANNA FABI**

RAPPORTO A CURA DI:

GIANNA FABI

ALESSANDRA CAMPANELLI

ANNALISA GAETANI

ALESSIO GOMIERO

PIERO POLIDORI

MIRENO BORGHINI

ANNA MARIA DE BIASI

MARCO GIRASOLE

LUDMILA KOZINKOVA

ALESSANDRA SPAGNOLO

ANCONA, marzo 2016

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	MATERIALI E METODI	3
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE	4
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	4
2.1.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA	6
2.1.3.	ACCUMULO E DEGRADAZIONE DEGLI IPA NEI SEDIMENTI.....	8
2.1.4.	RILASCIO E ADSORBIMENTO DI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI	9
2.1.5.	ACCUMULO E DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANOSTANNICHE NEI SEDIMENTI	9
2.1.6.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI.....	9
2.1.7.	ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKERS E INDAGINI ULTRA-STRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	9
2.1.8.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ ITTICA	10
2.1.8.1	Campionamenti di pesca.....	10
2.1.8.2	Investigazioni acustiche con MultiBeam Echosounder per il rilevamento di banchi di pesce attorno alla piattaforma	11
2.1.9.	AVVISTAMENTI DI CETACEI.....	13
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	14
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	14
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	15
2.2.3.	ACCUMULO E DEGRADAZIONE DEGLI IPA NEI SEDIMENTI.....	19
2.2.4.	RILASCIO E ADSORBIMENTO DI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI	20
2.2.5.	ACCUMULO E DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANOSTANNICHE NEI SEDIMENTI	22
2.2.6.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	23
2.2.6.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	23
2.2.6.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®)	25
2.2.6.3	<i>Corophium orientale</i>	26
2.2.6.4	<i>Acartia tonsa</i>	28
2.2.6.5	<i>Crassostrea gigas</i>	29
2.2.6.6	<i>Hediste diversicolor</i>	30
2.2.7.	ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKERS E INDAGINI ULTRA-STRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	32
2.2.7.1	Concentrazioni di inquinanti organici e inorganici	32
2.2.7.2	Biomarkers.....	35
2.2.7.3	indagini ultrastrutturali	46
2.2.8.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	49
2.2.9.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ ITTICA	54
2.2.9.1	Campionamenti di pesca.....	54
2.2.9.2	Investigazioni acustiche con MultiBeam Echosounder per il rilevamento di banchi di pesce attorno alla piattaforma	55

3.	RISULTATI	59
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	59
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, PARTICELLATO ORGANICO E OSSIGENO DISCIOLTO	59
3.1.2.	FLUORESCENZA INDOTTA	63
3.1.3.	SALI NUTRITIVI	64
3.1.4.	CLOROFILLE A, B E C	68
3.1.5.	PARTICELLATO SOSPESO IN MARE.....	72
3.1.6.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	73
3.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	76
3.2.1.	GRANULOMETRIA	76
3.2.2.	IPA	78
3.2.3.	METALLI PESANTI	81
3.2.4.	SOSTANZA ORGANICA	87
3.2.5.	SOSTANZE ORGANOSTANNICHE.....	88
3.3.	ACCUMULO E DEGRADAZIONE DEGLI IPA NEI SEDIMENTI.....	90
3.4.	RILASCIO E ADSORBIMENTO DI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI.....	91
3.4.1.	RILASCIO DI METALLI PESANTI	91
3.4.2.	ADSORBIMENTO DI METALLI PESANTI	91
3.5.	ACCUMULO E DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANO- STANNICHE NEI SEDIMENTI	93
3.5.1.	ADSORBIMENTO DI TBT	93
3.5.2.	DEGRADAZIONE DI TBT	94
3.6.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	95
3.6.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	95
3.6.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	95
3.6.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	96
3.6.4.	<i>ACARTIA TONSA</i>	97
3.6.5.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	98
3.6.6.	<i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	98
3.7.	ANALISI DI INQUINANTI E BIOMARKERS E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	101
3.7.1.	MATERIA ORGANICA ESTRATTA, BIOACCUMULO DI IDROCARBURI ALIFATICI, POLICICLICI AROMATICI E METALLI PESANTI.....	101
3.7.2.	BIOMARKERS	110
3.7.3.	ANALISI ULTRASTRUTTURALI	121
3.7.3.1	Analisi correlata di Microscopia Ottica Convenzionale e Microscopia SEM.....	121
3.7.3.2	Microscopia AFM.....	137
3.7.3.3	Spettroscopia FTIR.....	143
3.8.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	149
3.8.1.	DENSITÀ (N).....	149
3.8.2.	BIOMASSA (P).....	157

3.8.3.	AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE	164
3.8.4.	DOMINANZA	166
3.8.5.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S).....	167
3.8.6.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_m)	169
3.8.7.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H')	169
3.8.8.	MULTIDIMENSIONAL SCALING	170
3.8.9.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE.....	171
3.8.9.1	Indice W di Clarke.....	171
3.8.9.2	Indice AMBI.....	172
3.8.9.3	Indice BENTIX.....	173
3.8.9.4	Stato ecologico.....	173
3.8.10.	<i>MYTILUS GALLOPROVINCIALIS</i>	175
3.9.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ ITTICA.....	176
3.9.1.	CAMPIONAMENTI DI PESCA	176
3.9.1.1	Ricchezza specifica e Diversità specifica	176
3.9.1.2	Rendimenti di pesca e composizione delle catture	181
3.9.1.3	Affinità delle specie catturate con i substrati duri	186
3.9.1.4	PERMANOVA e Principal Coordinate Analysis (PCO)	189
3.9.2.	INVESTIGAZIONI ACUSTICHE TRAMITE MULTIBEAM ECHOSOUNDER	190
3.10.	AVVISTAMENTI DI CETACEI	220
4.	CONCLUSIONI.....	221
5.	BIBLIOGRAFIA.....	234
ALLEGATO A	Schede tecniche della strumentazione utilizzata nelle indagini	I
- ALL. A1	Indagini idrologiche	II
- ALL. A2	Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	VI
- ALL. A3	Indagini sulla comunità bentonica.....	XII
- ALL. A4	Indagini sulla comunità ittica	XV
- ALL. A5	Accumulo e degradazione degli IPA nei sedimenti....	XVIII
- ALL. A6	Rilascio e adsorbimento di metalli pesanti nei sedimenti.....	XIX
- ALL. A7	Accumulo e degradazione di sostanze organostanniche nei sedimenti.....	XX
- ALL. A8	Analisi in <i>Mytilus galloprovincialis</i>	XXI
ALLEGATO B	Schede granulometriche V survey successivo ai lavori di installazione della piattaforma Annamaria B (estate 2012)	XXXIII

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Il presente programma è stato svolto in collaborazione con il Consorzio Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata (CIBM) di Livorno e la Società Thetis S.p.A. di Venezia.

Responsabile Scientifico G. Fabi CNR - ISMAR Ancona

Analisi fisiche e chimiche della colonna d'acqua e correntometria

M. Borghini	CNR - ISMAR La Spezia
M. Betti	CNR - ISMAR Ancona
G. Caccamo	CNR - ISMAR Ancona
A. Campanelli	CNR - ISMAR Ancona
E. Frapiccini	CNR - ISMAR Ancona
F. Grilli	CNR - ISMAR Ancona
M. Marini	CNR - ISMAR Ancona
E. Paschini	CNR - ISMAR Ancona
P. Penna	CNR - ISMAR Ancona

Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia

S. De Ranieri	CIBM Livorno
A.M. De Biasi	CIBM Livorno
G. Bontà-Pittaluga	CIBM Livorno
S. Dell'Ira	CIBM Livorno
L. Kozinkova	CIBM Livorno
L. Pacciardi	CIBM Livorno
M. Pertusati	CIBM Livorno
S. Polese	CIBM Livorno
O. Spinelli	CIBM Livorno
F. Perin	Thetis S.p.A Venezia

Analisi di inquinanti in organismi marini, biomarker e indagini ultrastrutturali

C. Nasci	Thetis S.p.A. Venezia
A. Gomiero	Thetis S.p.A. Venezia
M. Girasole	CNR - ISM Roma
S. Dinarelli	CNR - ISM Roma

Comunità bentonica

A. Spagnolo	CNR - ISMAR Ancona
B. Brunetti	CNR - ISMAR Ancona
C. Cuicchi	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
P. Polidori	CNR - ISMAR Ancona
E. Punzo	CNR - ISMAR Ancona
A. Santelli	CNR - ISMAR Ancona
P. Strafella	CNR - ISMAR Ancona

Comunità ittica

L. Bolognini	CNR - ISMAR Ancona
F. Domenichetti	CNR - ISMAR Ancona
A. Gaetani	CNR - ISMAR Ancona
F. Grati	CNR - ISMAR Ancona
P. Polidori	CNR - ISMAR Ancona
G. Scarcella	CNR - ISMAR Ancona
N. Tassetti	CNR - ISMAR Ancona

Hanno inoltre collaborato allo svolgimento dei campionamenti i Sigg.ri G. Gaetani e A. Marziali imbarcati sulla M/R Tecnopisca II del CNR-ISMAR di Ancona.

1. INTRODUZIONE

In riferimento al GAB-DEC-2008-0000271 del 12/12/2008 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS 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 Annamaria B e delle condotte sottomarine colleganti le piattaforme Annamaria B – Annamaria A e Annamaria B - Brenda.

La piattaforma Annamaria B è ubicata in Adriatico settentrionale, a circa 60 km al largo di Pesaro, alla profondità di circa 60 m, nella zona delle sabbie relitte del largo. Il sea-line collegante Annamaria B con la piattaforma Annamaria A si estende per circa 5 km in direzione SSE-NNW sulla stessa tipologia di fondale della piattaforma Annamaria B, mentre il sea-line collegante Annamaria B alla piattaforma Brenda ha una lunghezza di circa 41 km, con direzione NNE-SSW ed è posto anch'esso, per quasi tutta la sua estensione, su sabbie relitte del largo, passando ai fanghi terrigeni costieri in prossimità di Brenda.

L'area in cui è installata Annamaria B è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla mid-line, ovvero la linea mediana che divide longitudinalmente l'Adriatico in due settori, non è influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale del bacino (diretta verso Nord lungo il versante croato e verso Sud lungo 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 che, avendo caratteristiche chimiche e fisiche differenti da quelle presenti in zona, possono modificare le caratteristiche biogeochimiche e la distribuzione spaziale dei sedimenti. Inoltre, gli strati più superficiali della colonna d'acqua (10-20 m) possono essere interessati da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti. Sulla base di tali considerazioni, dell'esperienza pluriennale del CNR-ISMAR nel monitoraggio di strutture estrattive offshore poste in Adriatico settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2002; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2014a; 2015) e delle richieste riportate nel GAB-DEC-2008-0000271, nell'area circostante la piattaforma Annamaria B si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente lo studio delle seguenti indagini:

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

2. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile;
3. accumulo e degradazione degli IPA nei sedimenti (stagioni estive);
4. rilascio e adsorbimento di metalli pesanti nei sedimenti (stagioni estive);
5. accumulo e degradazione di sostanze organostanniche nei sedimenti (stagioni estive);
6. ecotossicologia dei sedimenti;
7. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti;
8. analisi di inquinanti e di biomarker e indagini ultrastrutturali nei mitili insediati sulle parti immerse della piattaforma;
9. evoluzione del popolamento ittico nell'area interessata dalla piattaforma;
10. rilevamento del passaggio di cetacei.

Al fine di ottenere un quadro esaustivo degli effetti indotti dall'installazione delle strutture, sulla base della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS nel programma di monitoraggio sono stati previsti i seguenti survey:

- un survey precedente alla posa in opera della piattaforma (pre-survey; inverno 2008);
- tre survey durante le operazioni di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi (inverno ed estate 2008, inverno 2010);
- sei survey, da svolgersi durante le stagioni invernali ed estive nei tre anni di indagini successivi alle operazioni di installazione e perforazione (estate 2010 - inverno 2013).

Si specifica che, per quanto riguarda i sedimenti e lo studio della comunità bentonica, per il pre-survey è stato previsto un monitoraggio semplificato rispetto a quelli successivi all'installazione, volto a caratterizzare l'area e consistente in prelievi da effettuarsi presso un numero adeguato di stazioni di campionamento.

Lo stesso piano di campionamento è stato adottato anche per i survey durante i lavori di installazione a causa della presenza di strutture (es. jack-up) e mezzi di supporto per lo svolgimento dei lavori stessi che, per ragioni di sicurezza, impediscono l'avvicinamento di altre imbarcazioni, rendendo pertanto estremamente difficoltoso il prelievo di campioni a distanze ravvicinate dalla piattaforma. Il numero dei survey svolti in questa fase era subordinato alla tempistica dei lavori stessi.

Nel presente rapporto sono descritti i risultati relativi a tutte le indagini (punti 1-10 del precedente elenco) conseguiti nel periodo luglio - dicembre 2012 nell'area circostante la piattaforma Annamaria B (3° anno post lavori di installazione, 1° semestre).

2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Annamaria B è ubicata a circa 60 km al largo di Pesaro e a una profondità di circa 60 m (figg. 2.1 e 2.2). Le coordinate geografiche del punto di installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.

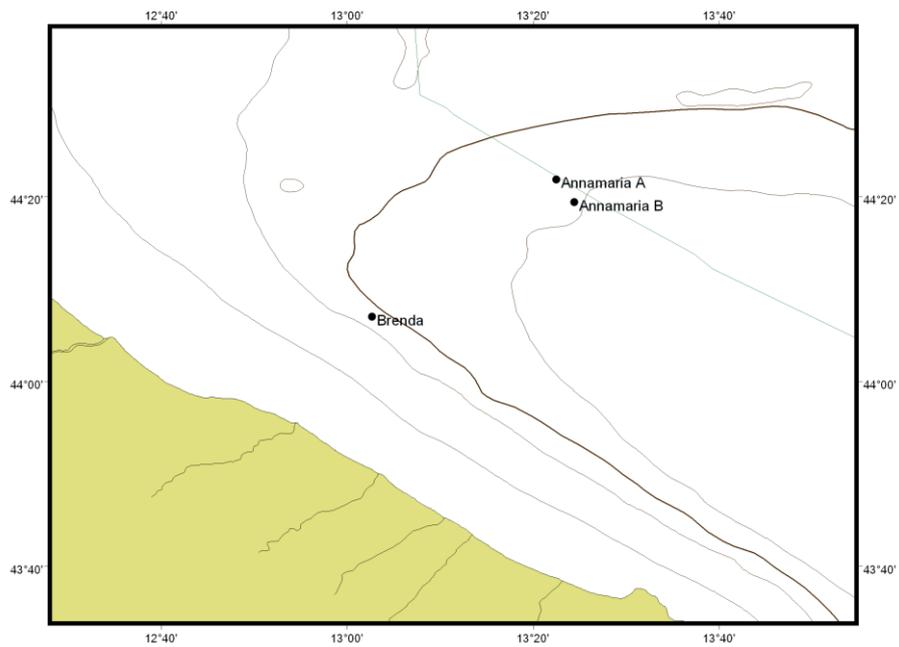


Fig. 2.1 – Ubicazione della piattaforma Annamaria B.



Fig. 2.2 - Piattaforma Annamaria B.

Tab. 2-I – Coordinate geografiche del punto di installazione della piattaforma Annamaria B.

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Annamaria B	44°19'21'',78N 13°24'24'',90E

2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Nel 5° semestre successivo alla posa in opera di Annamaria B (luglio – dicembre 2012) sono state effettuate tre campagne di misura nei mesi di agosto, settembre e dicembre utilizzando la N/O G. Dallaporta.

Le indagini sono state condotte lungo due transetti intersecanti la piattaforma (fig. 2.3), orientati uno in direzione SW-NE e l'altro verso SE-NW, sui quali sono stati posizionati quattro siti di prelievo a circa 100 m da Annamaria B denominati AMB01 (posto a SW della piattaforma), AMB02 (SE), AMB03 (NE) e AMB04 (NW) e quattro siti a una distanza di 1 nm dalla stessa, denominati AMB05 (posto a SW), AMB06 (SE), AMB07 (NE) e AMB08 (NW; Tab. 2-II).

Tab. 2-II – Coordinate geografiche delle stazioni di campionamento utilizzate nelle indagini idrologiche.

Sito	Coordinate
AMB01	44°19'15'',60N 13°24'14'',40E
AMB02	44°19'15'',60N 13°24'32'',40E
AMB03	44°19'26'',40N 13°24'32'',40E
AMB04	44°19'26'',40N 13°24'14'',40E
AMB05	44°18'36'',00N 13°23'27'',60E
AMB06	44°18'36'',00N 13°25'26'',40E
AMB07	44°20'02'',40N 13°25'26'',40E
AMB08	44°20'02'',40N 13°23'27'',60E

Presso tutte le stazioni sono stati registrati i valori di temperatura, salinità, fluorescenza, torbidità (misura del materiale sospeso) e ossigeno disciolto lungo tutta la colonna d'acqua utilizzando una sonda multiparametrica CTD (Conductivity-Temperature-Depth) della SeaBird modello SBE911plus (All. A1-I) equipaggiata, oltre che con i sensori standard di temperatura e conducibilità e pompa in duplice coppia, con un fluorimetro e torbidimetro Turner - SCUFA per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a* e del particolato sospeso (TSM: Total Suspended Matter), un sensore di ossigeno SBE43 per la misurazione della concentrazione di ossigeno disciolto e un altimetro della Datasonics per

la misurazione della profondità. La sonda è stata periodicamente calibrata presso il centro di calibrazione del SACLANT della NATO di La Spezia. Essa era accoppiata a una “rosette” della General Oceanics da 12 bottiglie Niskin della capacità di 10 lt per la raccolta di campioni di acqua da utilizzare per le analisi chimiche dei sali nutritivi, dell’ossigeno disciolto, dei solidi sospesi e dei pigmenti clorofilliani.

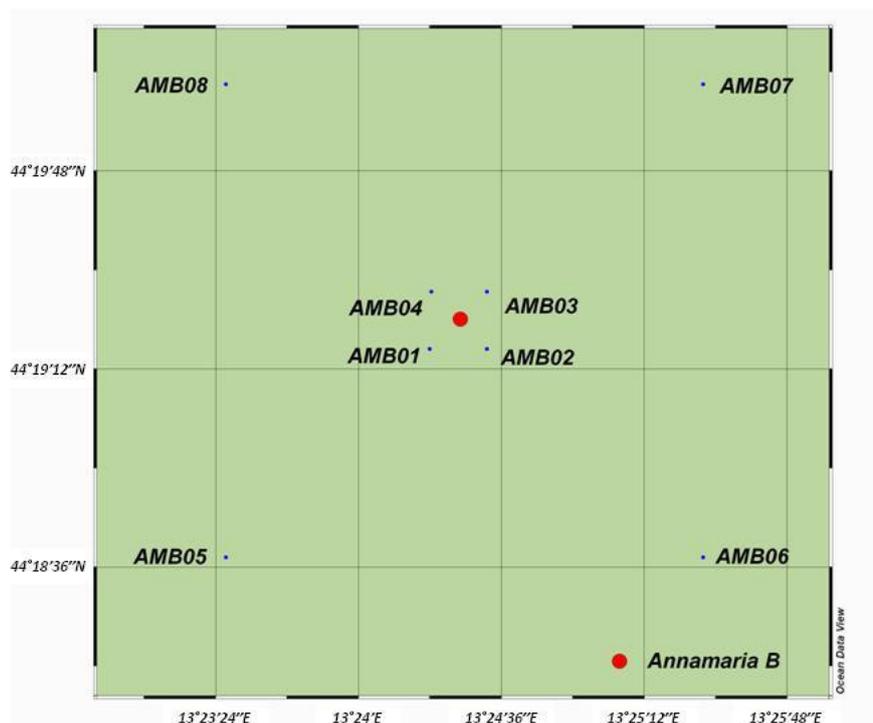


Fig. 2.3 - Schema delle stazioni di campionamento utilizzate dopo i lavori di installazione della piattaforma Annamaria B per le indagini idrologiche.

Misure correntometriche - Per le misure correntometriche il 18 maggio 2012 è stato posizionato un sistema di misura costituito da un correntometro acustico profilante ad effetto Doppler ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) della ditta Teledyne RD Instruments, mod. WH Sentinel a 600 kHz con un range di circa 50 m che, oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato (All. A1-II). L’accuratezza del correntometro è di 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s.

Tale sistema di misura è rimasto operativo fino al termine del semestre (il recupero è stato effettuato il giorno 27/03/2013).

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

Analogamente ai primi due anni successivi ai lavori di installazione di Annamaria B (Fabi *et al.*, 2016), sono stati tracciati due transetti lungo i quali sono state posizionate 24 stazioni di campionamento. Su ciascun transetto sono stati posti siti a 250 m, 120 m, 60 m, 30 m e 0 m dalla struttura in entrambe le direzioni (NW e SE lungo A, NE e SW lungo B) per un totale di 20 stazioni, alle quali si sono aggiunti 4 controlli (K1, K2, K3 e K4; fig. 2.4).

Le coordinate geografiche, la posizione rispetto alla piattaforma Annamaria B e le profondità delle singole stazioni campionate nell'estate 2012 sono riportate in Tab. 2-III.

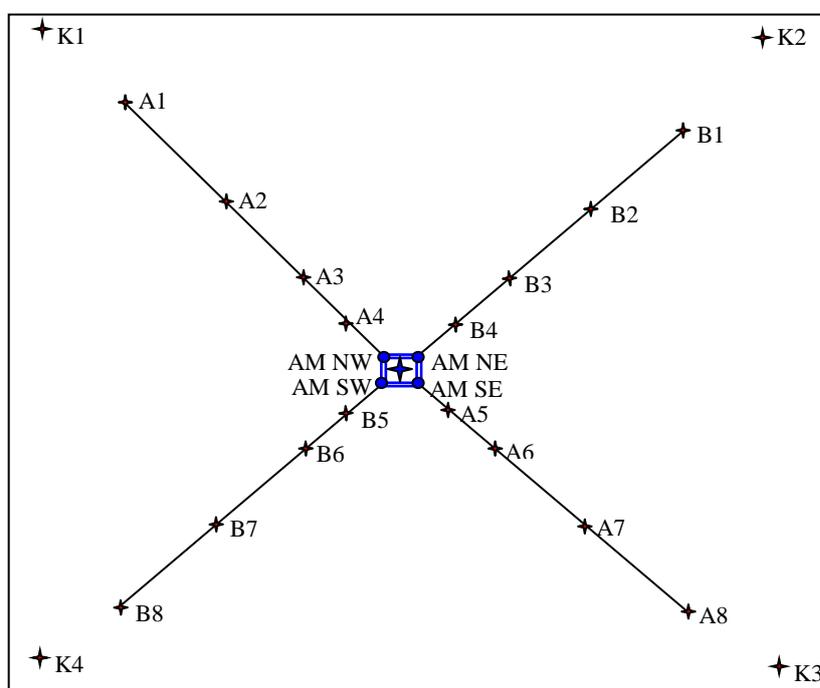


Fig. 2.4 - Schema delle stazioni di campionamento utilizzate per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica nella fase di produzione di Annamaria B. Non in scala.

Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti - Tutte le stazioni sono state campionate mediante box-corer (fig. 2.5; All. A2-I).

Dal campione, dopo la descrizione degli aspetti macroscopici, è stata prelevata la porzione superficiale (0-2 cm). L'ulteriore campione così ottenuto è stato successivamente omogeneizzato e suddiviso in 3 aliquote per le seguenti analisi:

- analisi granulometriche;
- metalli in tracce;
- sostanze organiche;

– quantificazione di sostanze organostanniche.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel V survey condotto dopo la fine dei lavori di installazione della piattaforma (estate 2012) per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza della piattaforma.

	Distanza da Annamaria B (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate	Profondità (m)
A1	250	NW	44°19'27'',48N 13°24'16'',80E	58,4
A2	120	NW	44°19'23'',76N 13°24'22'',26E	59,0
A3	60	NW	44°19'22'',92N 13°24'24'',36E	59,0
A4	30	NW	44°19'22'',26N 13°24'25'',08E	59,0
AM NW	0	-	44°19'21'',90N 13°24'25'',50E	58,9
AM SE	0	-	44°19'20'',76N 13°24'27'',60E	58,7
A5	30	SE	44°19'20'',28N 13°24'28'',68E	59,0
A6	60	SE	44°19'19'',02N 13°24'28'',44E	59,2
A7	120	SE	44°19'18'',00N 13°24'30'',78E	59,3
A8	250	SE	44°19'14'',16N 13°24'35'',52E	58,4
B1	250	NE	44°19'27'',30N 13°24'34'',20E	58,9
B2	120	NE	44°19'24'',00N 13°24'31'',98E	59,1
B3	60	NE	44°19'20'',88N 13°24'28'',86E	58,9
B4	30	NE	44°19'22'',74N 13°24'27'',90E	58,9
AM NE	0	-	44°19'21'',72N 13°24'27'',42E	58,9
AM SW	0	-	44°19'20'',82N 13°24'24'',72E	58,3
B5	30	SW	44°19'20'',70N 13°24'24'',24E	58,6
B6	60	SW	44°19'19'',56N 13°24'23'',64E	58,7
B7	120	SW	44°19'14'',04N 13°24'16'',92E	58,7
B8	250	SW	44°19'13'',38N 13°24'20'',04E	58,9
K1	1000	NW	44°19'42'',42N 13°23'55'',62E	58,3
K2	1000	NE	44°19'41'',94N 13°24'51'',24E	58,8
K3	1000	SE	44°19'02'',64N 13°24'55'',38E	59,4
K4	1000	SW	44°18'02'',70N 13°23'56'',52E	58,3

La ricerca di sostanze organostanniche nei sedimenti, che potrebbero essere contenute nelle vernici antivegetative, è avvenuta a partire dalle fasi di installazione e perforazione della piattaforma, quando nella zona erano presenti le strutture e i natanti necessari per la messa in opera di Annamaria B. Analogamente a quanto condotto nei survey precedenti effettuati durante la fase di produzione di Annamaria B (Fabi *et al.*, 2016), anche nell'estate 2012 per questa analisi sono stati prelevati campioni di sedimento tramite box-corer presso 8 stazioni (A3, AM SE, A6, A8, B3, B6, K1 e K3), corrispondenti a 1/3 del totale dei siti campionati per le indagini sedimentologiche.

I campioni da utilizzare per tutte le analisi sono stati congelati e conservati a -18°C ad eccezione di quelli utilizzati per le analisi granulometriche, conservati a $+4^{\circ}\text{C}$.



Fig. 2.5 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

Indagini sulla comunità bentonica - Tutte le stazioni sono state campionate mediante una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 13 l e un'apertura di 0,095 m² (fig. 2.6; All. A3-I). Presso ogni stazione sono state effettuate 6 repliche. I campioni sono stati lavati e setacciati con maglia da 0,5 mm (All. A3-II) e fissati in formalina diluita in acqua di mare al 5%.

Inoltre, durante il campionamento di sedimenti e benthos condotto nell'estate 2012, dalle parti sommerse della piattaforma è stato prelevato un campione di mitili presente su una superficie di 40x40 cm a circa 3-4 m di profondità, subito pesato e congelato per le successive analisi biometriche.



Fig. 2.6 – Benna Van-Veen utilizzata per le indagini sulla comunità bentonica.

2.1.3. ACCUMULO E DEGRADAZIONE DEGLI IPA NEI SEDIMENTI

Tale tipo di indagine viene svolta solo nelle stagioni estive. Analogamente alle estati precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c), anche in quella del 2012 sono stati effettuati prelievi presso le stazioni A3, AM SE, A6, A8, B3, B6, K1 e K3, corrispondenti a circa 1/3 delle stazioni totali utilizzate per le analisi sedimentologiche.

2.1.4. RILASCIO E ADSORBIMENTO DEI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI

Anche questo tipo di analisi viene condotta solo nelle stagioni estive. Durante il monitoraggio condotto nell'estate 2012 sono state campionate le medesime stazioni di cui al Cap. 2.1.3., i cui sedimenti sono stati sottoposti ad analisi per la valutazione del rilascio e adsorbimento di metalli pesanti.

2.1.5. ACCUMULO E DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANOSTANNICHE NEI SEDIMENTI

Questo tipo di analisi viene condotta solo nelle stagioni estive. Durante il monitoraggio condotto nell'estate 2012 sono state campionate le medesime stazioni di cui ai Capp. 2.1.3. e 2.1.4., i cui sedimenti sono stati sottoposti ad analisi per la valutazione dell'accumulo e degradazione di sostanze organostanniche.

2.1.6. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

Pertanto, presso le stesse stazioni di cui ai Capp. 2.1.3 - 2.1.5 sono stati prelevati mediante benna Van-Veen anche campioni di sedimento per lo svolgimento dei seguenti saggi biologici:

- *Dunaliella tertiolecta* (accrescimento);
- *Vibrio fischeri* (variazione della bioluminescenza);
- *Corophium orientale* (mortalità a 10 gg);
- *Acartia tonsa* (sviluppo larvale);
- *Crassostrea gigas* (embriotossicità);
- *Hediste diversicolor* (prove di bioaccumulo per Alluminio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco).

Dal campione di sedimento è stato eliminato 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.

2.1.7 ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKERS E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

Nell'estate 2012 sono stati prelevati due campioni dalle parti sommerse della piattaforma (vicino gli anodi sacrificali: VA; lontano dagli anodi: LA) e uno in un sito di controllo

rappresentato da un impianto di mitilicoltura al largo di Senigallia (AN). Le taglie medie degli esemplari prelevati dai due siti della piattaforma e al controllo (lunghezza della conchiglia \pm dev.st) sono state le seguenti:

1. Controllo: $4,51 \pm 0,56$ cm
2. Vicino anodo: $5,70 \pm 0,51$ cm
3. Lontano anodo: $5,68 \pm 0,55$ cm

2.1.8. INDAGINI SULLA COMUNITÀ ITTICA

2.1.8.1 Campionamenti di pesca

Durante il pre-survey e nella fase di installazione della piattaforma non si è ritenuto opportuno condurre di queste indagini. Le motivazioni di tale scelta risiedono nel fatto che nel pre-survey questo tipo di indagine che avrebbe fornito esclusivamente informazioni sul popolamento ittico originario, variabile che può essere soggetta a notevoli cambiamenti interstagionali e interannuali determinati sia dalle condizioni ambientali generali (temperatura, apporto fluviale, ecc.), sia da variazioni intrinseche alle stesse popolazioni ittiche.

Durante i lavori di installazione della piattaforma Annamaria B, invece, non sono state previste indagini sul popolamento ittico per l'impossibilità di condurre campionamenti nelle immediate vicinanze della piattaforma a causa della presenza del jack-up e altri mezzi che impedivano l'avvicinamento alla struttura necessario per il posizionamento degli attrezzi da pesca e per i rilevamenti acustici lungo la colonna d'acqua. E' comunque da tenere presente che qualunque effetto indotto dai lavori in corso sulla comunità ittica, sia positivo (attrazione) che negativo (allontanamento) è temporaneo, poiché si tratta di specie mobili.

Al fine di poter disporre di una serie temporale di dati omogenea, si è deciso di iniziare queste indagini a partire dal gennaio 2011. Sia nel 2011 che nel 2012 sono stati effettuati 12 campionamenti di pesca sia nei pressi della piattaforma che nei siti di controllo ma, nel dicembre 2011, le reti sono state perdute probabilmente a causa dei motopescherecci a strascico che operano nella zona. In seguito, non è stato possibile ripetere il campionamento a causa delle condizioni meteo-marine avverse.

I campionamenti sono stati svolti sia nei pressi della piattaforma Annamaria B (entro un raggio di 50 m dalla struttura) sia in due aree di controllo prive di substrati duri naturali o artificiali, situate sulla stessa batimetria della struttura (circa 60 m) e a una distanza di circa

1 mn, in modo da non essere influenzate dalla sua presenza. Gli attrezzi di controllo venivano posizionati in due dei quattro quadranti (NW, NE, SW e SE) intorno alla piattaforma, scelti in maniera casuale ad ogni campionamento (fig. 2.7).

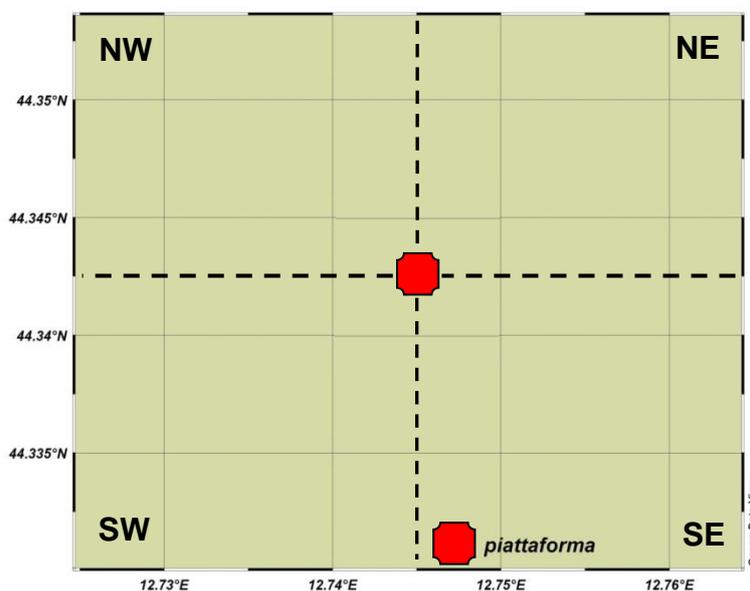


Fig. 2.7 - Disposizione dei quadranti intorno alla piattaforma Annamaria B.

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

In ogni sito il campionamento è stato effettuato con una rete da posta tipo “tremaglio” avente le seguenti caratteristiche: lunghezza totale 300 m; altezza 3 m; pannello interno in monofilamento di poliammide con maglie di 72 mm di apertura; pannelli esterni in monofilamento di poliammide con maglie di 400 mm di apertura (All. 4-I).

La rete veniva calata al tramonto e salpata all'alba del giorno seguente, per una circa 12 h di permanenza in mare. Le pescate sono state effettuate con frequenza mensile e contemporaneamente nei tre siti, al fine di operare nelle medesime condizioni meteo-marine.

2.1.8.2 Investigazioni acustiche con Multibeam Echosounder per il rilevamento di banchi di pesce attorno alla piattaforma

Le investigazioni acustiche sono state effettuate contemporaneamente ai campionamenti di pesca. Dato il divieto di posizionare una centralina per la raccolta/memorizzazione dei dati acustici sulla struttura (come previsto nella Specifica SAOP-09/002 Rev. 1), è stato utilizzato un sistema multibeam echosounder (MBES; Kongsberg Simrad EM3002D; All.

4-II) installato a bordo della TecnoPesca II di proprietà del CNR-ISMAR UOS Ancona. Kongsberg Simrad EM3002D è un multibeam echosounder ad alta risoluzione che lavora alla frequenza di 300 kHz. Rispetto ai sistemi precedenti, oltre alla completa mappatura del fondale marino, il sistema è in grado di acquisire dati acustici riguardanti la colonna d'acqua (fig. 2.8), restituendo immagini tridimensionali di eventuali aggregazioni di pesce o altri riflettori presenti lungo la colonna stessa.

La fig. 2.9 illustra lo schema di campionamento adottato durante i survey. La colonna d'acqua è stata insonificata lungo 8 transetti partendo dalla piattaforma sino a circa 1 km da essa nelle direzioni N, NE, E, SE, S, SO, O, NO. Inoltre, sono stati eseguiti due transetti circolari, uno a 1 km di distanza dalla piattaforma e l'altro tra i 30 m e 60 m da essa.

Un totale di 508 beam acustici è stato campionato digitalmente con una risoluzione spaziale di 15 cm per ciascun ping, creando un'immagine della porzione di massa d'acqua insonificata dal trasduttore. Considerando una profondità media di circa 60 m e un angolo di apertura del cono acustico di 140° in totale, è stato possibile investigare circa 250 m di areale per ogni transetto effettuato.

Tutti i campionamenti sono stati eseguiti nello stesso arco temporale della giornata e in condizioni di mare da calmo a poco mosso.

Nel 2° semestre 2012 sono stati effettuati sei campionamenti; tuttavia, è stato necessario interrompere il rilevamento di luglio a causa di un cambiamento delle condizioni meteorologiche che non sono più risultate idonee al proseguo dell'indagine.

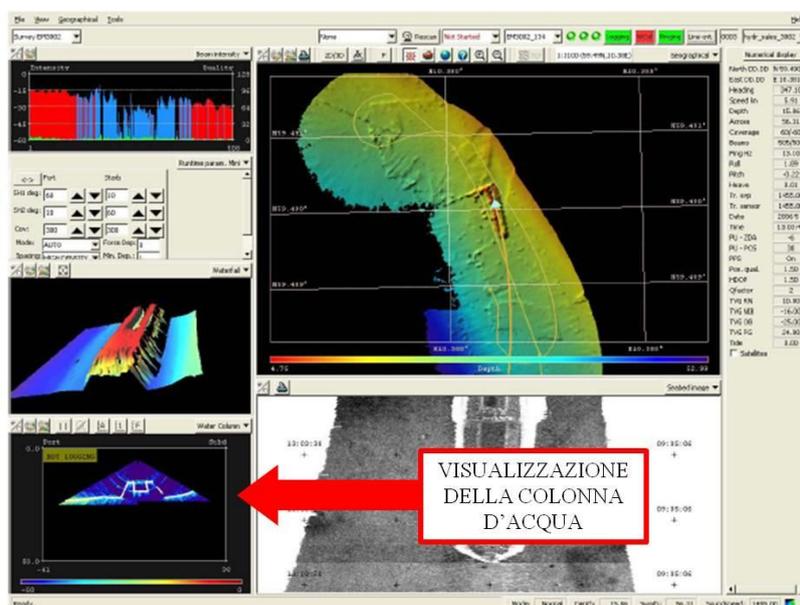


Fig. 2.8 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM3002D. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua. (Modificato da Kongsberg, 2006)

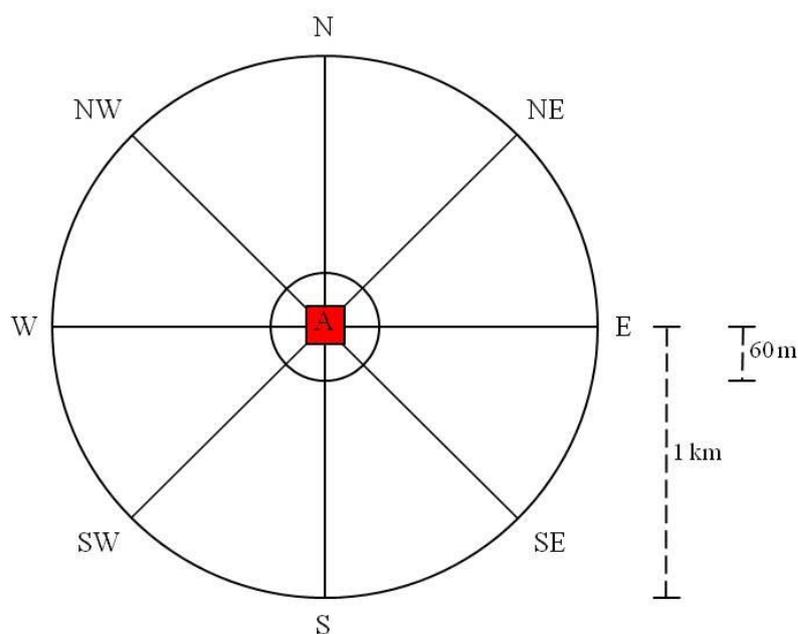


Fig. 2.9 - Schema di campionamento adottato durante i survey. Gli 8 transetti radiali hanno lunghezza di 1 km ciascuno. Alla stessa distanza è stato eseguito un primo transetto circolare; mentre un secondo transetto circolare è stato eseguito alla distanza massima di circa 60 m dalla piattaforma. La figura non è in scala. A = Annamaria B.

2.1.9. AVVISTAMENTI DI CETACEI

Gli avvistamenti di cetacei attorno ad Annamaria B sono stati effettuati all'interno di un'area di circa 1 mn^2 avente al centro la piattaforma. 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. 2.10). 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.

Durante il 2° semestre 2012 sono stati condotti 18 avvistamenti visivi (3 avvistamenti/mese) sia ad hoc che durante le indagini relative ai vari aspetti previsti nella Specifica tecnica.

In tutti i casi gli eventuali avvistamenti venivano registrati sul quaderno di campo annotando l'ora, la quantità degli esemplari, la loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie.

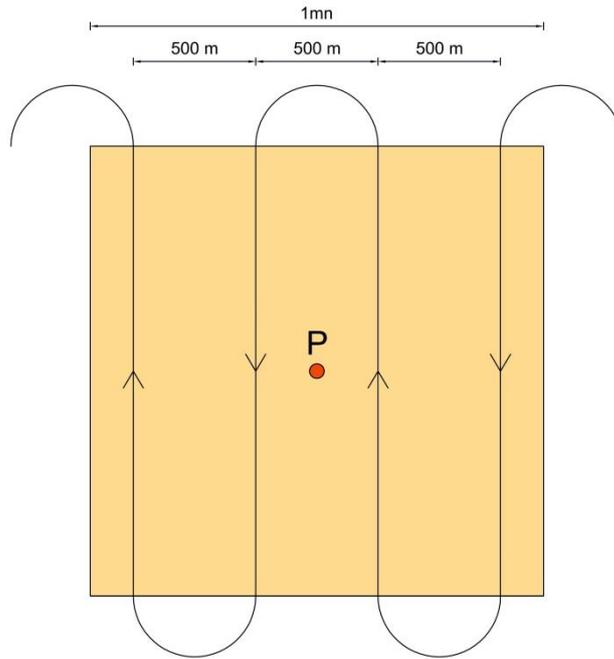


Fig. 2.10 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei attorno alla piattaforma Annamaria B. P = piattaforma.

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

I campioni d'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.

Le analisi dei **sali nutritivi** sono state condotte secondo metodi colorimetrici previsti da Strickland e Parsons (1972), utilizzando come strumentazione analitica un autoanalyzer modello quAAtro della BRAN+LUEBBE (All. A1-III), previa filtrazione (filtro da 0,7 μm , GF/F Whatman) e conservazione dei campioni a -22°C in contenitori di polietilene compresso. L'**ossigeno disciolto** è stato quantificato con metodo Winkler (1888): i campioni d'acqua appena raccolti sono stati fissati con idrossidi misti di manganese e conservati al buio fino alla determinazione effettuata con metodo potenziometrico ed elettrodo di platino entro le 24 h successive (All. A1-IV). Le analisi dell'ossigeno disciolto sono state utilizzate per calibrare la sonda SBE 43 del CTD. Nelle campagne di misura effettuate nei mesi di ottobre e dicembre non è stato possibile utilizzare la sonda SBE 43 in quanto sottoposta a manutenzione ordinaria presso la casa madre negli Stati Uniti. In questi due periodi sono stati utilizzati i dati di ossigeno disciolto

misurati con metodologia Winkler alle quote del campionamento idrologico.

Le analisi dei **pigmenti clorofilliani** sono state effettuate secondo il metodo Wright *et al.* (1991) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography; All. A1-IV) dotato di una pompa quaternaria GP50, di un Photodiode Array Detector PDA100 e di una colonna C18 reversed phase. I dati sono stati acquisiti con il software Chromeleon.

Per l'acquisizione e l'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) 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). Infine, per l'analisi dei dati è stato utilizzato un apposito software sviluppato dal CNR-ISMAR di Ancona e la mappatura dei dati ricavati è stata effettuata con il software Ocean Data View e Grapher 2.

Misure correntometriche - Lo strumento è stato settato per misurare con 23 celle da 2 m, coprendo in questo modo 46 m di profilo. Il tempo di campionamento è stato impostato a 30' e 50 ping per ottenere una corrente media ogni mezz'ora di 50 misure. Con il settaggio impostato si ottiene una deviazione standard di 3,0 cm/s.

2.2.2. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Granulometria - In laboratorio i campioni di sedimento sono stati pesati tal quali per la determinazione del peso umido utilizzando una bilancia elettronica tipo "Europe" (All. A2-II). Successivamente, sono stati posti in contenitori di alluminio e introdotti in stufa (All. A2-III) a 110°C per almeno 24 h. Una volta raggiunta la completa essiccazione si è proceduto alla misurazione del peso secco.

Per la separazione in sabbie e peliti ogni campione è stato immerso in acqua tiepida sino alla sua completa disgregazione; si è quindi proceduto alla setacciatura con maglie da 63 μ . Il materiale trattenuto dal setaccio, definito come sabbie, è stato fatto essiccare in stufa a 130°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto a indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci (All. A2-IV) aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000 μ , 2000 μ , 1000 μ , 500 μ , 250 μ , 125 μ , 63 μ). Una volta terminata la setacciatura sono stati pesati i residui di ogni setaccio ed è stata determinata la percentuale conchigliare presente. I dati così ottenuti sono stati riportati su un diagramma semilogaritmico e uniti mediante la cosiddetta "curva granulometrica".

Le peliti (materiale inferiore a 63 μ) sono state fatte decantare ed essiccare in stufa a 130°C sino a completa evaporazione. E' stata quindi eseguita l'aerometria mediante l'utilizzo di un densimetro (All. A2-V) per terreni secondo il metodo di Casagrande basato su due proprietà: a) la velocità con cui si depositano i grani in sospensione in un liquido viscoso in quiete dipende dal volume, dalla forma e dal peso dei granuli stessi (Legge di Stokes); b) la densità della sospensione ad un dato istante è funzione della qualità del prodotto solido non ancora depositato.

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

La determinazione degli IPA è stata effettuata mediante gas cromatografia utilizzando un Gas cromatografo a doppia colonna (All. A2-VI). I componenti della miscela (IPA), separati tra loro, sono stati rilevati con la tecnica FID (rilevatore ionizzazione di fiamma), che consente di valutare i tempi di ritenzione e l'ampiezza dei picchi relativi. Il limite di rilevabilità dello strumento e quello della metodica corrispondono rispettivamente a 0,05 μ g di solvente e 0,002 mg kg⁻¹ di campione s.s.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come contaminanti di interesse prioritario, espressi in mg kg⁻¹ di sostanza secca: Naftene, Ace-naftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Di-Benzo(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.

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg kg⁻¹ 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.

Per la determinazione del **mercurio** è stato seguito il metodo EPA 7473 (2007a) sul campione tal quale, previa essiccazione in stufa a 40°C fino a peso costante (circa 48 h). Il particolare procedimento di decomposizione porta alla riduzione chimica del mercurio, alla sua successiva preconcentrazione su un amalgama d'oro e infine alla sua analisi quantitativa in assorbimento atomico (DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio; All. A2-VII).

Le determinazioni di **cadmio**, **arsenico** e **piombo** sono state effettuate mediante spettroscopia di assorbimento atomico in fornetto di grafite (Varian SpectrAA-240Z. All. A2-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007b).

Le concentrazioni di **alluminio**, **bario**, **cromo**, **nichel**, **rame**, **vanadio** e **zinco** sono state determinate mediante spettrofotometria ad emissione atomica al plasma (Varian ICP-720ES; All.A2-IX) seguendo il metodo EPA 6010C (2007c).

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

I recuperi percentuali ottenuti rispetto ai valori certificati dei suddetti materiali sono riportati in Tab. 2-IV.

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

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

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

Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg*	Ni	Pb	V	Zn
154	129	122	78	103	109	92	97	83	117	108

Tab. 2-V - Limiti di quantificazione espressi in mg kg⁻¹. La seconda riga si riferisce alle rette dedicate allo studio di basse concentrazioni.

Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg*	Ni	Pb	V
277,7500	0,2778	1,3888	0,0111	1,3888	1,3888	0,0000	1,3888	0,2778	1,3888
100,0000	0,2778	0,2500	0,0111	0,2500	0,2500	0,0100	0,2500	0,0278	0,2500

Sostanza organica - La determinazione della sostanza organica è stata eseguita mediante calcinazione in muffola: sono stati prelevati circa 3 g di sostanza essiccata (in stufa per 48

h a 40°C) che sono stati successivamente posti in muffola a 375°C fino a peso costante.

Sostanze organostanniche nei sedimenti - Per la determinazione dei composti organostannici è stata seguita la metodica indicata nell'App. 1 delle metodologie analitiche di riferimento indicate da ICRAM (2001) e che consiste nell'estrazione, derivatizzazione e purificazione del campione prima della determinazione cromatografia.

Una quantità da 0,1 a 0,5 g di campione è stata posta in un tubo da centrifuga. Sono stati aggiunti in sequenza 15 ml di una soluzione metabolica allo 0,03% di tropolone e 1 ml di acido cloridrico concentrato. Dopo aver posto il campione in bagno a ultrasuoni per 15', è stato raccolto l'estratto dopo centrifugazione a 3000 rpm per 10'. L'estrazione è stata ripetuta sul campione residuo e gli estratti sono stati riuniti in un imbuto separatore. Agli estratti sono stati aggiunti 100 ml di una soluzione acquosa di cloruro di sodio al 5% e 15 ml di diclorometano. Dopo agitazione per qualche minuto e dopo la separazione la fase organica è stata raccolta in una vial, avendola fatta passare attraverso un filtro di solfato di sodio. L'estrazione è stata ripetuta con un'altra aliquota di 15 ml di diclorometano e agli estratti sono stati aggiunti 0,5 ml di isoottano. L'estratto è stato quindi concentrato fino a un volume di circa 1 ml sotto flusso di azoto a una temperatura $\leq 35^{\circ}\text{C}$, trasferito quantitativamente in una vial da 20 ml avendo lavato accuratamente le pareti con 2 ml di diclorometano e 1 ml di isoottano e, infine, ulteriormente concentrato fino a un volume di circa 100 μl sotto leggerissimo flusso di azoto. E' stato aggiunto 1 ml di pentilmagnesio bromuro 2 M in etere etilico e, dopo aver chiuso la vial con il tappo teflonato, si è lasciata procedere la reazione per 15' agitando saltuariamente. L'eccesso di reattivo è stato eliminato aggiungendo cautamente, goccia a goccia, dell'acqua distillata sino a un volume massimo di 2 ml evitando che la soluzione andasse a secchezza a causa dell'evaporazione dell'etere. A tal fine, prima dell'evaporazione completa, è stato aggiunto 1 ml di esano. Sono stati quindi aggiunti 5 ml di una soluzione acquosa di acido solforico 1 M per eliminare ogni traccia del reattivo di Grignard e si è agitato per qualche minuto. Dopo un tempo sufficiente per la separazione delle fasi, è stata recuperata la fase organica e si è ripetuta l'estrazione della fase acquosa con un'altra aliquota di 1 ml di esano. Ai due estratti riuniti in una vial di reazione sono stati aggiunti 3 ml di una soluzione acquosa di bicarbonato di sodio 0,1 M. per eliminare gli eventuali polialcoli presenti. Dopo aver agitato i campioni è stata eliminata la fase acquosa e si è ripetuto il lavaggio. La fase organica è stata quindi trasferita in una fiala ed è stata concentrata, per evaporazione sotto un debole flusso di azoto, sino a un volume di 0,5 ml.

Per la fase di purificazione è stata preparata una colonnina di purificazione riempiendola con 3 g di gel di silice e ponendo in testa uno strato da 1 cm di solfato di sodio. Prima dell'eluizione del campione 2 ml della soluzione eluente (miscela di esano e toluene 1:1) sono stati fatti passare in colonna. Successivamente, è stato trasferito l'estratto in testa alla colonna ed eluito prima con 3 aliquote di 1 ml della soluzione eluente con cui si era stato effettuato il lavaggio della fiala contenente l'estratto, e successivamente con altri 5 ml di eluente. L'eluato raccolto è stato infine concentrato a un volume di circa 1 ml sotto debole flusso di azoto.

Per l'analisi in GC-MS (All. 2-X) è stata utilizzata una colonna capillare lunga 30 m avente un diametro interno di 0,25 mm, con una fase legata metil-5% fenilsiliconica di spessore pari a 0,25 μm (DB 5 J&W). Il rivelatore è uno spettrometro di massa e la rivelazione degli analiti è stata effettuata mediante monitoraggio a singolo ione (SIM). L'analisi quantitativa è stata eseguita con il metodo della curva di calibrazione nell'intervallo di linearità della risposta. Per ogni composto le curve di calibrazione sono state costruite riportando sulle ascisse la concentrazione delle soluzioni standard, impiegate per costruire le stesse curve, e sulle ordinate l'area del picco cromatografico del composto.

2.2.3. ACCUMULO E DEGRADAZIONE DEGLI IPA NEI SEDIMENTI

La metodologia per lo studio della degradazione degli IPA nel sedimento prevede la definizione dei tempi di emivita di ciascuna molecola di IPA. Per valutare l'eventuale differente comportamento delle singole molecole di IPA in laboratorio sono state adottate due condizioni di incubazione: una prima condizione a 6°C e al buio, una seconda a 18°C e alla luce naturale.

Per ogni stazione sono state preparate 2 aliquote da 200 g di sedimento scongelato e ripulito dal materiale grossolano. Ogni aliquota è stata quindi riposta in appositi contenitori di vetro ermeticamente chiusi. Ogni campione, opportunamente omogeneizzato, è stato contaminato con 2 ml di soluzione standard della SUPELCO EPA 610 (soluzione da 1 ml) diluita nel rapporto 1:10. I contenitori sono stati quindi collocati ciascuno nelle due condizioni di incubazione. Per ogni campione sono stati pesati 10 g di sedimento contaminato, ai quali sono stati aggiunti per tre volte 20 ml di diclorometano. Si è quindi proceduto all'immersione dei campioni in bagno a ultrasuoni per tre cicli da 15 min ciascuno, in modo da favorire l'estrazione degli IPA dal sedimento. Il diclorometano, arricchito di IPA, è stato raccolto in un imbuto separatore, portato a secco con evaporatore

rotante alla temperatura di 37°C e, infine, risospeso con acetonitrile (volume finale 0,45 ml). La quantificazione delle molecole di IPA è stata eseguita utilizzando una soluzione madre certificata (SUPELCO EPA 610). Le 16 molecole di IPA presenti nella soluzione standard, ad eccezione dell'acenaftilene, sono state analizzate con Dionex UltiMate 3000 RSLC, utilizzando una colonna C16 Reversed-phase, una pompa HPC-3x00 RS e un rivelatore PDA-100 operante nel campo del UV-VIS (All. A5-I). L'analisi è stata condotta utilizzando come fase mobile un miscuglio di acetonitrile e acqua, fluito con un programma di gradiente a 1500 ml/min.

L'Acenaftilene non è stato analizzato in quanto non si rileva in fluorescenza.

Le misure sono state eseguite dopo 0, 1, 3, 7, 9, 14, 21 e 50 gg dal trattamento con l'inoculo e durante ciascuna di esse si è provveduto ad analizzare sia la concentrazione di ciascun IPA, sia la misura del contenuto d'acqua del campione. La sequenza ravvicinata di campionamento durante la prima settimana d'incubazione è una conseguenza alla rapida degradazione di alcune molecole secondo quanto emerso da precedenti studi (Fabi *et al.*, 2013; 2010a).

2.2.4. RILASCIO E ADSORBIMENTO DI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI

Determinazione analitica di As, Al, Ba, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb, V, Zn e Hg - 0,5-1 g di campione sono stati posti in tubi dotati di tappo a ricaduta, addizionati con 15 ml di una soluzione 1:2 (v:v) di HNO₃/H₂O₂ e mineralizzati per 3 h a 110°C. Successivamente sono stati aggiunti H₂SO₄ e HCl concentrati e ulteriormente mineralizzati nelle medesime condizioni per 3 h. I campioni così trattati sono stati lasciati raffreddare, portati a volume finale di 100 ml con acqua ultrapura e filtrati. Ciascun campione così ottenuto è stato conservato a 4°C fino al momento dell'analisi eseguita tramite ICP-OES Perkin Elmer 7300 (All. A6-I). I metalli analizzati con le relative lunghezze d'onda sono riportati in Tab. 2-VI, mentre le condizioni strumentali d'analisi sono indicate in Tab. 2-VII.

La quantificazione per ogni elemento analizzato è avvenuta tramite integrazione delle conte ottenute in sede di analisi attraverso il software in dotazione allo strumento. I valori espressi in mg/kg e mg/l sono stati normalizzati sul peso secco del campione.

Il mercurio è stato quantificato mediante la tecnica dei vapori freddi tramite il kit idruri Perkin Elmer FIAS – 400 (All. A6-II). Il sub-campione necessario alla determinazione (30 ml) è stato stabilizzato con 100 µl di una soluzione 5% KMnO₄ e analizzato entro 1 settimana dalla mineralizzazione. Le condizioni strumentali d'analisi sono indicate in Tab.

2-VIII. Contestualmente alle analisi dei campioni sono state eseguite prove di assicurazione qualità che hanno previsto analisi di bianchi di processo (Blank) e prove di estrazione e recupero di materiali di riferimento certificati (MESS-3) della National Research Council Canada (NRC). I recuperi medi ottenuti sono stati conformi alla metodica (tra 80% e 96%).

Tab. 2-VI - Metalli pesanti esaminati e relative lunghezze d'onda.

Analita	Lunghezza d'onda
Arsenico	193,696
Alluminio	396,153
Bario	233,52
Cromo	267,716
Rame	327,393
Cadmio	228,802
Mercurio	253,652
Nickel	231,604
Piombo	220,353
Vanadio	290,880
Zinco	206,200

Tab. 2-VII – Parametri strumentali ICP-OES.

Flusso principale Argon	15 l/min
Flusso secondario Argon	0,5 l/min
Flusso nebulizzatore	0,3 l/min
Flusso aria shear-off	10 l/min
Flusso campione	1,5 ml/min

Tab. 2-VIII – Parametri strumentali Kit idruri.

Carrier solution	3% (v/v) HNO ₃
Agente riducente	0,2 % NaBH ₄ 0,05% NaOH
Flusso nebulizzatore	0,45 l/min
Flusso aria shear-off	10 l/min
Flusso campione	1,9 ml/min

Determinazione costante di rilascio K_{ril} - La capacità di rilascio di metalli pesanti dal sedimento è stata stimata mediante il calcolo della costante K_{ril} , determinata sperimentalmente per ogni metallo. Un'aliquota rappresentativa del campione è stata omogeneizzata, quartata e trasferita in 5 contenitori in PE. In ciascun contenitore sono stati posti 50 g umidi di sedimento, ai quali sono stati addizionati 100 ml di acqua di mare ricostruita (ISO). Tali contenitori sono stati quindi posti in agitazione per 24 h a temperatura ambiente. L'agitazione è stata effettuata mediante ribaltamento completo dei

contenitori, al fine di assicurare l'intimo contatto tra il sedimento e l'acqua. Al termine dell'agitazione, un contenitore è stato messo da parte (T0), 2 contenitori sono stati conservati a 6°C al buio, i restanti due a 18°C alla luce (> 2000 lux e < 10000 lux) con fotoperiodo impostato e corrispondente a 16 h di luce e 8 h di buio. Dopo 10 gg (T10) è stato prelevato il sedimento da uno dei due contenitori esposti al buio e da uno di quelli alla luce. Dopo 20 gg (T20) è stato infine prelevato il sedimento dai contenitori restanti. La fase di campionamento ha previsto la separazione della fase liquida dalla solida mediante centrifugazione e la successiva analisi del contenuto di metalli tramite mineralizzazione con attacco acido.

Sulla base dei risultati è stato possibile calcolare il valore della K_{ril} al tempo T10 e al tempo T20, mediante le seguenti formule:

$$K_{ril(T10)} = \frac{[\text{Conc. nel sedimento}]_{T10}}{[\text{Conc. nel surnatante}]_{T10}} \quad \text{e} \quad K_{ril(T20)} = \frac{[\text{Conc. nel sedimento}]_{T20}}{[\text{Conc. nel surnatante}]_{T20}}$$

L'unità di misura di K_{ril} è L/Kg.

Determinazione costante di adsorbimento K_{ads} - La capacità di adsorbimento di metalli pesanti da parte del sedimento è stata stimata mediante il calcolo della costante K_{ads} , determinata sperimentalmente. Le modalità operative sono analoghe a quelle impiegate per la K_{ril} , con l'unica differenza che l'acqua di mare ricostruita (ISO) è stata addizionata anche con concentrazioni note di metalli pesanti.

Sulla base dei risultati è stato possibile calcolare il valore della K_{ads} al tempo T10 e al tempo T20, mediante le seguenti formule:

$$K_{ads(T10)} = \frac{[\text{Conc. nel sedimento}]_{T10}}{[\text{Conc nel surnatante}]_{T0} - [\text{Conc. nel surnatante}]_{T10}}$$

$$K_{ads(T20)} = \frac{[\text{Conc. nel sedimento}]_{T20}}{[\text{Conc nel surnatante}]_{T0} - [\text{Conc. nel surnatante}]_{T20}}$$

L'unità di misura di K_{ads} è L/Kg.

2.2.5. ACCUMULO E DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANOSTANNICHE NEI SEDIMENTI

Le analisi sono state effettuate seguendo il metodo ICRAM (2001), mediante estrazione con CH_2Cl_2 e lettura con Spettrofotometro Perkin Elmer con tecnica HGA-AS (All. A7-I). Un'aliquota di sedimento marino è stata messa in contatto in rapporto 1:2 con acqua di

mare ricostruita con spike (cioè contenente una concentrazione nota di uno degli organostannici disponibili in commercio). Tale miscela è stata posta in agitazione per 24 h a temperatura ambiente. Una parte è stata lasciata decantare e successivamente filtrata e analizzata. La modifica della concentrazione dell'organostannico nel sedimento marino prima e dopo il trattamento ha permesso di calcolare la costante di adsorbimento (K_{ads}). La costante di degradazione (K_{deg}) è stata calcolata in condizioni di buio a 4°C. Dopo 10 gg è stata prelevata un'aliquota di sedimento e analizzata. Dopo 20 gg è stata prelevata una seconda aliquota. La differenza di concentrazione tra il sedimento di partenza, quello dopo 10 gg e quello dopo 20 gg ha permesso la valutazione della K_{deg} del composto in queste condizioni. Volendo indagare anche l'effetto dell'attività batterica, un'altra parte della miscela di sedimento e acqua di mare ricostruita con spike è stata conservata a 18°C esposta alla luce (> 2000 lux e < 10000 lux) con fotoperiodo (16 h di luce e 8 h di buio). Dopo 10 gg è stata presa e analizzata un'aliquota di sedimento. Dopo altri 10 gg è stata prelevata e analizzata una seconda aliquota di sedimento. La differenza di concentrazione tra il sedimento di partenza, quello dopo 10 gg e quello dopo 20 gg ha permesso la valutazione degli effetti dell'attività batterica sulla K_{deg} .

2.2.6. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

2.2.6.1 *Dunaliella tertiolecta*

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

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

Esecuzione del saggio - Il saggio con *D. tertiolecta* è stato condotto in triplicato, effettuando 5 diluizioni a partire dal campione tal quale; come supporto sono state utilizzate piastre sterili di polistirene da 24 pozzetti della capacità di 3 ml ciascuno. Parallelamente, per ogni piastra è stato eseguito anche un test con un controllo negativo

costituito da acqua di diluizione (acqua di mare ISO a cui sono state aggiunte concentrazioni note di nutrienti). A ciascuna diluizione e al controllo è stata aggiunta una concentrazione nota di clone algale in rapporto di 1:1000. Una volta inoculato il clone algale (concentrazione iniziale 2×10^3 cellule ml^{-1}), 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 USEPA, 1991), i risultati del saggio possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

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

QA/QC - La sensibilità di ogni clone algale impiegato per i test con i campioni di elutriato è stata verificata mediante il test di controllo positivo eseguito con bicromato di potassio il cui risultato, espresso come EC_{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^{-1} 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^{-1});

- il coefficiente di variazione nei controlli e nel campione tal quale (CV%) $\leq 15\%$.

2.2.6.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

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

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

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

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

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

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

La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione - inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16) che consente di individuare l'EC50 (o qualunque altra EC), ossia la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% o, in alternativa, la semplice variazione percentuale di emissione di luce rispetto al controllo. Il risultato è stato espresso sia in TU (Unità Tossiche = 100/EC50), che consente di ottenere

una relazione diretta fra tossicità e riduzione della bioluminescenza, sia come Sediment Toxicity Index (S.T.I.), che permette di esprimere la reale tossicità acuta del campione rispetto alla tossicità "naturale" di un campione di riferimento avente le medesime caratteristiche granulometriche (Onorati, 1999; Onorati *et al.*, 2007).

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

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

Tab. 2-IX - 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

2.2.6.3 *Corophium orientale*

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* (fig. 2.11) è stato allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005(E) (2005).

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

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

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



Fig. 2.11 - Esempolari di *C. orientalis*.

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

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

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

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

2.2.6.4 *Acartia tonsa*

Il saggio di sviluppo larvale (LDR test) con il copepode *A. tonsa* è stato eseguito secondo la procedura di Kusk e Wollenberger (2007), modificata per renderla adatta all'impiego per la fase solida (Picone, 2006). Obiettivo del saggio è la determinazione di eventuali effetti stimolatori o inibitori sullo sviluppo larvale.

Esecuzione del saggio - Il saggio prevede l'esposizione di un numero variabile tra 50 e 80 uova di *A. tonsa* a 3,5 g di sedimento e 80 ml di acqua marina artificiale ($S = 25\%$), ricostituita secondo le specifiche riportate in Kusk e Wollenberger (1999). Il saggio è quindi condotto in condizioni statiche per 6 gg, a una temperatura di 20°C e in regime di fotoperiodo controllato (16:8; luce:buio) con illuminazione a bassa intensità mantenuta da lampade fluorescenti. Il giorno-0 e il giorno-2 in ognuna delle repliche sperimentali (6 per ogni campione e il controllo) è stato somministrato l'alimento (la criptofitea *Rhodomonas salina*) in aliquote adeguate a determinare una concentrazione finale di 6×10^4 cell ml^{-1} in ciascuno dei beaker in cui erano esposte le larve di *A. tonsa*. Al termine dei 6 gg di esposizione è stata prelevata una replica del controllo che è stata fissata aggiungendo circa 1 ml della soluzione di Lugol. Dopo lieve agitazione la fase liquida è stata versata su un sistema filtrante e tramite uno stereomicroscopio è stata determinata la proporzione naupli:copepoditi recuperati sul filtro. Se il rapporto naupli:copepoditi era di circa 50:50, si è proceduto al fissaggio del test anche negli altri beaker altrimenti, in caso di netta prevalenza di naupli (> 70%), si è lasciato procedere il test per alcune ore per poi ripetere la procedura.

QA-QC - La sensibilità di ogni coltura di *A. tonsa* è stata verificata mediante il test di controllo positivo con 3,5-DCP, il cui risultato deve essere compreso nell'intervallo 33-388 $\mu\text{g l}^{-1}$; ogni coltura viene mantenuta per un periodo non superiore a 7 settimane. Affinché il test possa essere considerato valido, la percentuale di copepoditi recuperata alla fine del test deve essere almeno il 30% del totale delle larve recuperate (naupli + copepoditi).

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio sono stati riportati come Larval Development Rate (LDR), ossia come rapporto tra numero di copepoditi e numero

complessivo di forme giovanili recuperate a fine test (naupli + copepoditi), e successivamente normalizzati rispetto al valore di LDR rilevato nel controllo per determinare la percentuale di inibizione (In%). Valori negativi di In(%) indicano effetto biostimolante.

La significatività statistica delle risposte tra campioni e nei confronti del controllo è stata valutata tramite analisi della varianza (ANOVA) a una via. Ai risultati espressi come percentuale di inibizione è stato quindi associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-XI.

Tab. 2-XI – Criteri di classificazione dei risultati del saggio con *A. tonsa*.

Criterio	Giudizio
$\text{In}(\%) \leq -40$	Biostimolazione significativa
$-40 < \text{In}(\%) \leq -25$	Potenziale biostimolazione
$-25 < \text{In}(\%) < 25$	Assenza di effetto
$25 \leq \text{In}(\%) < 40$	Potenziale tossicità
$\text{In}(\%) \geq 40$	Tossicità significativa

2.2.6.5 *Crassostrea gigas*

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

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

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

QA-QC - La sensibilità di ogni batch di *C. gigas* è stata valutata mediante l'esecuzione del test con sostanza di riferimento (Cu); i risultati di tale test devono rientrare nei limiti della

carta di controllo intralaboratorio ($5-33 \mu\text{l}^{-1}$). 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-XII.

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

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

Dove:

$$S = \frac{\text{(Sopravvisuti campione)}}{\text{(Sopravvisuti controllo)}} \cdot 100$$

TL = Toxicity limit = Controllo \cdot 90% del controllo

2.2.6.6 *Hediste diversicolor*

Procedimento del test - Il test di bioaccumulo su esemplari di *Hediste diversicolor* (fig. 2.12) è stato eseguito secondo i protocolli ASTM E1688-97a (1998; reapproved 2007) ed EPA/600/R-93/183 (1993).



Fig. 2.12 - Esemplari di *H. diversicolor*.

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 reinserti in barattoli contenenti sabbia quarzifera e acqua di mare filtrata. Dopo 3 gg i policheti spurgati sono stati recuperati e lavati in acqua distillata per 1 h per liberarli dal muco e dai residui della sabbia. Successivamente, sono stati congelati e sottoposti ad analisi chimica.

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

$$D = (C_e - C_b)$$

dove:

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

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

Ce - 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 $\geq 20\%$.

2.2.7. ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKERS E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

2.2.7.1 Concentrazioni di inquinanti organici e inorganici

E' stata prevista la determinazione di:

- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Materia organica estratta (MOE);
- Metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, rame, vanadio, zinco).

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

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

I campioni di mitili liofilizzati (3 g) sono stati sottoposti ad una tecnica basata su estrazione in apparato Soxhlet (All. A8-I) a 120°C per 8 h, evaporati a 50°C per la determinazione della Materia Organica Estratta (MOE) e successivamente ripresi e purificati su colonna allumina/gel di silice. La purificazione e la separazione degli estratti è stata effettuata su colonna di gel di silice e sodio solfato anidro (Na₂SO₄) (attivati a 130°C per 24 h). La colonna è stata eluita con 32 ml di esano, seguiti da 15 ml di una soluzione esano:diclorometano (1:1 v/v). Durante le analisi dei campioni sono state effettuate prove in bianco. La frazione contenente gli IPA è stata concentrata sotto blando flusso d'azoto per il raggiungimento di un volume finale di circa 0,5 ml, trasferita in acetonitrile e

impiegata per la determinazione analitica degli IPA. La determinazione qualitativa e quantitativa degli IPA è avvenuta mediante cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC - High Performance Liquid Chromatography) con rivelatore a serie di fotodiodi (Waters® PDA 996) e con rivelatore a fluorescenza (Waters® 474 Scanning Fluorescence Detector) in serie (All. A8-II). Per quanto riguarda le condizioni di corsa, la fase mobile iniziale è costituita da acetonitrile (40%) ed acqua (60%), fino al raggiungimento di un gradiente lineare al 100% di acetonitrile, ad una velocità di corsa di 1,5 ml min⁻¹ per 50'. È stata usata una colonna cromatografica Supelcosil LC-PAH HPLC (25 cm x 4,6 mm, 5 µm) (All. A8-IIa). Dal peso dell'estratto è stato ricavato anche il valore della MOE (Materia Organica Estratta).

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

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

Con area si intende l'area dei picchi risultati nel cromatogramma. Il risultato finale è espresso in ng g⁻¹ di tessuto liofilizzato.

Le rette di taratura sono state ottenute iniettando quattro soluzioni a concentrazione nota dello standard TLC Polynuclear Aromatic Hydrocarbon Mix (Supelco), contenente i 16 composti considerati inquinanti prioritari previsti dall'EPA: Naftalene, Acenaftilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Dibenzo(a,h,)Antracene, Benzo(g,h,i,)Perilene e Indeno(1,2,3-c,d)Pirene.

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

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.

Le analisi degli IA sono state condotte su 2 µl di campione precedentemente estratto e purificato su colonnina di gel di silice e allumina. Il sistema impiegato è un GC-FID della Perkin Elmer (All. A8-III); l'iniezione è avvenuta tramite autocampionatore, mentre per la quantificazione si è proceduto al confronto delle aree sottese ai picchi prodotti da un'iniezione d'idrocarburi alifatici certificati e a concentrazione nota. La programmazione del gas-cromatografo è stata la seguente: la temperatura iniziale di 45°C è stata mantenuta per 3'; successivamente, con un gradiente di 12°C min⁻¹ sono stati raggiunti 275°C e mantenuti per 12'. Il flusso del carrier (He) è regolato a 15,5 ml min⁻¹. La colonna utilizzata è una SOPB-5 Supelco 30m (All. A8-IIIa) (Ø = 0,2 mm; spessore del film interno: 0,2 mm).

Metalli pesanti - Due aliquote di circa 2,5 g di campione liofilizzato per ogni sito di prelievo sono state mineralizzate a riflusso con 30 ml di acido nitrico concentrato. I campioni, posti in un apposito pallone da 250 ml, sono stati sottoposti a digestione a freddo per 20-30' e portati ad ebollizione per circa 2 h in forno a microonde *ETHOS 900*[®] della *Milestone* (All. A8-IV). La mineralizzazione è stata eseguita secondo la procedura ICRAM (2001).

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

La determinazione strumentale di **alluminio, bario, vanadio, cadmio, cromo, nichel, rame e piombo** è avvenuta mediante spettrofotometria di assorbimento atomico in fornetto di grafite (*GF-AAS*), una tecnica molto sensibile per la determinazione di questi elementi generalmente presenti in concentrazioni minori. Come gas di trasporto è stato utilizzato l'argon. Per le analisi ci si è avvalsi di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico *AAAnalyst 700*[®] della Perkin Elmer in configurazione Autosampler *AS40*[®] – Mercuriy/Hydride System *MHS-10*[®] (All. A8-V).

Lo **zinco** è stato analizzato direttamente in fiamma aria-acetilene (*F-AAS*) con lo stesso strumento e quantificato da una curva di calibrazione costruita da concentrazioni note

dell'elemento. La temperatura della fiamma a cui avviene l'atomizzazione è di 2300°C.

Il **mercurio** è stato determinato mediante analisi dei vapori ottenuti per riduzione a freddo con NaBH₄ (HG-AAS) secondo la seguente reazione:



I campioni sono stati pre-trattati con H₂SO₄ e K₂MnO₄ in modo da ossidare la sostanza organica. La reazione con NaBH₄ riduce il mercurio presente in forma ionica a mercurio metallico il quale, assieme all'idrogeno gassoso liberato dalla reazione, viene trasportato dal flusso di gas inerte nella cella al quarzo dove è stata misurata la sua assorbanza tramite il *Flow Injection Mercury System FIMS 400*[®] della Perkin-Elmer (All. A8-Va). Per evitare assorbimenti di tipo molecolare, nelle analisi che richiedono lunghezze d'onda nella zona dell'ultravioletto è stato impiegato il correttore di fondo al deuterio.

La metodica seguita per la determinazione di Hg, Cr, Cd e Pb è quella delle aggiunte, secondo la quale aliquote uguali di standard sono state addizionate ai campioni al fine di misurare l'assorbanza delle soluzioni così ottenute e calcolare il valore della concentrazione. Il dosaggio dell'**arsenico** è stato ottenuto in HG-AAS utilizzando il *Flow Injection Analysis System FIAS 400*[®] di Perkin Elmer con lettura in GF-AAS e correttore di fondo Zeeman, 4100 ZL, Perkin-Elmer (All. A8-Vb).

Le lunghezze d'onda utilizzate per i singoli metalli analizzati sono riportate in Tab. 2-XIII.

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

	Lunghezza d'onda
Al	308,215
As	193,696
Ba	445,403
Cd	226,502
Cr	267,716
Cu	324,754
Pb	220,353
Hg	194,227
Ni	231,604
V	292,402
Zn	213,856

2.2.7.2 Biomarkers

In Tab. 2-XIV è riportata la batteria di biomarkers eseguiti sui mitili in accordo con il Programma di Monitoraggio Nazionale.

Tab. 2-XIV - Batteria di biomarkers eseguiti sui mitili raccolti presso la piattaforma Annamaria B e nel sito di controllo.

Indici di stress generale	Indici di esposizione	Danno genotossico	Espressione genomica
<i>Livello fisiologico</i>	<i>Livello biochimico</i>		
Indice di condizione	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)		
Proteine totali	Metallotioneine (presenza di elementi in tracce)		
<i>Livello cellulare</i>	<i>Livello cellulare</i>		
Stabilità delle membrane lisosomiali	Livelli di lipofuscine (stress ossidativo)		
Volume lisosomi/citoplasma	Livelli di lipidi neutri (presenza di contaminati organici)		

Indice di condizione - L'indice di condizione (IC) è un parametro che consente di riassumere l'attività fisiologica dell'organismo (crescita, riproduzione, secrezione, ecc.) in determinate condizioni ambientali e di fornire un'informazione globale sul suo stato di salute (Lucas e Beninger, 1985). E' importante tenere presente che tali indici risultano fortemente correlati con la temperatura dell'acqua, la disponibilità di cibo e il ciclo gametogenetico (Okumus e Stirling, 1998), per cui sono caratterizzati da variazioni stagionali che dipendono sia da fattori intrinseci che estrinseci.

L'indice di condizione utilizzato nella presente indagine è un indice statico e prevede l'essiccamento delle parti molli, procedimento che permette di eliminare la deviazione dei valori dovuta alle fluttuazioni del contenuto d'acqua nei tessuti, spesso rilevanti in questi organismi.

Tra i vari indici di condizione è stato utilizzato, per la sua praticità il rapporto tra peso secco delle parti molli (g) e peso secco della conchiglia (g) espresso come I.C.x100 (Walne, 1976). Per ogni sito di prelievo (lontano anodo, vicino anodo e controllo) è stato preso un campione di 30 individui. La carne e la conchiglia di ciascun esemplare sono state essiccate separatamente in stufa (All. A8-VI) a 90°C per 48 h e successivamente ne è stato registrato il peso.

Sopravvivenza in aria - Il tempo di sopravvivenza in aria, o "Stress On Stress", è un indice generale particolarmente sensibile nell'individuare le condizioni di stress ambientale a cui sono sottoposti i bivalvi. La definizione di tale parametro si basa sulla naturale capacità di questi organismi intertidali di resistere a brevi periodi di esposizione all'aria

(Eertman e de Zwann, 1994). Durante i periodi di emersione i molluschi chiudono le loro valve lasciando una piccola apertura attraverso la quale l'ossigeno atmosferico può diffondere nella cavità palleale. La velocità con cui l'ossigeno viene consumato dipende da numerosi fattori, quali ad esempio temperatura, stagione, acclimatazione e periodo riproduttivo. In condizioni di prolungata esposizione i molluschi riescono a sopravvivere per molti giorni grazie all'evoluzione di una particolare strategia biochimica: il loro metabolismo, infatti, passa da aerobico ad anaerobico e in questo caso i carboidrati, e soprattutto il glicogeno, diventano la principale fonte d'energia attraverso processi di fermentazione che consentono di aumentare la normale produzione di ATP in condizioni anaerobiche (de Zwaan e Wijsman, 1976).

I molluschi esposti a sostanze tossiche o a stress naturali in genere hanno un metabolismo accelerato (de Zwaan e de Kock, 1988) e, pertanto, ci si aspetta che una volta esposti all'aria il loro tempo di sopravvivenza sia minore.

Tra i vari stressori naturali che possono influenzare il tempo di sopravvivenza in aria vi sono la temperatura, la salinità e altre variabili stagionali.

Vari esperimenti realizzati *in vivo* esponendo gli organismi a concentrazioni subletali di contaminanti (sia metalli pesanti che inquinanti organici) hanno evidenziato una diminuzione del tempo di sopravvivenza in aria suggerendo l'utilizzo di tale parametro quale indice di stress generale applicabile nei programmi di monitoraggio (Viarengo *et al.*, 1995).

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

Valutazione del Contenuto di Proteine - La determinazione della concentrazione delle proteine è stata condotta per ogni sito sulla frazione citosolica ottenuta da ciascuno dei biomarkers utilizzati nel programma di monitoraggio secondo il metodo di Bradford (1976), utilizzando come standard l'albumina di siero bovino il Comassie Brilliant Blue in etanolo e acido fosforico come colorante e uno spettrofotometro (All. A8-VII) ad una lunghezza d'onda di 595 nm.

Valutazione della stabilità delle membrane lisosomiali - La valutazione della stabilità

delle membrane lisosomiali delle cellule della ghiandola digestiva del mitilo permette di ottenere un indice integrato della presenza di inquinanti nell'ambiente marino e degli effetti tossici di tali sostanze. E' noto, infatti, che inquinanti quali metalli pesanti, Idrocarburi Aromatici e PCB, anche se presenti in mare in concentrazioni minime, inducono una destabilizzazione delle membrane dei lisosomi, la cui aumentata permeabilità porta a un aumento del catabolismo delle macromolecole (proteine, RNA, DNA, ecc.), autofagia e, quindi, danno cellulare. E' importante ricordare che i diversi inquinanti presenti nell'ambiente marino presentano effetti sinergici sulla destabilizzazione delle membrane lisosomiali; questo indice di stress rappresenta, quindi, la risposta dell'organismo all'azione combinata di più tossici co-presenti nell'ambiente marino (Lowe *et al.*, 1995).

In laboratorio le ghiandole digestive di 5 mitili provenienti da ciascun sito sono state tagliate in modo tale da ottenere delle sezioni trasversali dei tubuli disposti parallelamente all'asse longitudinale della ghiandola stessa e poste in fila su apposito supporto in alluminio (chuck) per criostato (All. A8-VIII) precedentemente raffreddato in ghiaccio. Successivamente, il supporto con i frammenti è stato posto per 15" in un piccolo recipiente contenente N-esano, precedentemente raffreddato con azoto liquido. Il chuck è stato poi avvolto in 4-5 strati di Parafilm e posto immediatamente a -80°C. Al momento dell'analisi, per mezzo di un criostato, sono state ottenute sezioni di 10-20 µm di spessore con un'angolazione di taglio di 15°. Le sezioni sono state quindi trasferite su vetrini tenuti a temperatura ambiente. La stabilità della membrana lisosmiale è stata testata attraverso l'enzima N-acetyl-hexosaminidase che ha come substrato il naphthol As-BI N-acetyl-β-D-glucosaminide.

Le sezioni preparate come descritto in precedenza sono state trattate in una vaschetta di Hellendal con un tampone destabilizzante le membrane lisosomiali a 37°C per tempi diversi (0, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 40') in modo da determinare il tempo di trattamento richiesto per labilizzare interamente le membrane lisosomiali (periodo di labilizzazione). Il set di vetrini è stato trasferito nel mezzo di incubazione del substrato contenente naphthol As-BI N-acetyl-β-D-glucosaminide precedentemente disciolto in 2,5 ml di 2-metossietanolo e portato a volume con il tampone citrato contenente Polipep, un polipeptide a bassa viscosità che agisce come stabilizzante per le sezioni. L'incubazione con il substrato è stata di 20' a 37°C nella vaschetta di Hellendal in un bagno agitante. I vetrini sono stati successivamente risciacquati in acqua di mare filtrata a temperatura ambiente o in una soluzione di NaCl al 3% a 37°C per 2' prima del loro trasferimento per

10' a temperatura ambiente in un tampone fosfato pH 7,4 contenente il colorante diazoinico fast violet B blue. I vetrini, risciacquati in acqua corrente per 5', sono stati successivamente fissati con gelatina glicerinata. Le sezioni così ottenute sono state analizzate mediante un sistema di analisi d'immagine al microscopio ottico (All. A8-IX) per la determinazione del periodo di labilizzazione lisosomiale. Le analisi sono state eseguite almeno in quintuplicato.

Volume lisosomi/citoplasma - I dati ottenuti da analisi di tipo quantitativo possono essere associati a quelli della citochimica qualitativa tramite l'analisi di immagine.

Con questo sistema computerizzato, l'immagine del preparato in esame viene digitalizzata tramite un collegamento tra microscopio ottico e computer. Questo permette di quantificare direttamente su sezioni istologiche il preparato in esame, preservando sia la localizzazione dell'enzima che le sue caratteristiche biochimiche.

La procedura si basa sulla legge di Lambert-Beer che mette in relazione la concentrazione del precipitato (c) con l'assorbanza (A):

$$A = \text{Log } I_0/I = klc$$

Dove I_0 ed I sono rispettivamente l'intensità del raggio incidente e di quello trasmesso, l il percorso del raggio nel campione e k la costante massima di assorbanza.

Il raggio incidente (I_0) colpisce il campione e viene trasmesso (I) a una telecamera che forma l'immagine. Questa viene poi digitalizzata da una convertitore analogico, cioè trasformata in un valore numerico discreto ed immagazzinata nel computer in un sistema binario che formerà una matrice.

L'elemento di questa matrice è il pixel, cioè il più piccolo dettaglio rilevabile dell'immagine, e il suo valore rispecchia la densità ottica in quel punto.

La matrice che viene a formarsi è costituita da 600 pixel verticali e 800 orizzontali, che rispecchiano la risoluzione dell'immagine digitalizzata. Più pixel sono presenti in una matrice, maggiore sarà la risoluzione e quindi la nitidezza dell'immagine. Generalmente i pixel possono assumere valori compresi fra 0 e 255, rispecchiando in tal modo 256 toni di grigio.

Una volta scelta la soglia dei toni di grigio la relazione tra l'intensità della luce trasmessa e il livello di grigio permette di quantificare la densità del precipitato in esame, che risulta direttamente proporzionale alla sua concentrazione.

Per le analisi d'immagine necessarie alla quantificazione del rapporto lisosomi / citoplasma cellulare sono state sequenzialmente determinate le superfici (in pixels) del microtubulo

della ghiandola digestiva dell'esemplare analizzato, rapportato alla superficie dei soli lisosomi (in pixel). Per ogni campione (sito) sono state analizzate almeno 10 immagini e un totale di 30-40 microtubuli.

Valutazione dell'attività dell'enzima catalasi - Gli enzimi antiossidanti, normalmente presenti in tutti gli organismi aerobi, sono responsabili della detossificazione degli ossiradicali liberi, composti dell'ossigeno altamente tossici prodotti continuamente nei sistemi biologici durante i normali processi metabolici. Tuttavia, l'esposizione ad alcuni xenobiotici (dioli aromatici, chinoni, idrossilamine aromatiche e metalli di transizione) e la presenza di condizioni ambientali quali anossia, ipossia e mancanza di cibo sono in grado di aumentare la produzione intracellulare di ossiradicali: la valutazione dell'aumento dello stress ossidativo negli organismi rappresenta un sensibile biomarker di stress ambientale (Livingstone, 1991; Buchner *et. al.*, 1996; Regoli *et. al.*, 1997; Sjölin e Livingstone, 1997). Questo enzima rappresenta una risposta costitutiva e molto attiva agli stress ossidativi essendo in grado di ridurre l' H_2O_2 prodotto dalla superossidodismutasi in acqua e ossigeno. Alti livelli di attività di catalasi sono stati evidenziati in mitili nativi e trapiantati in siti caratterizzati da un significativo carico di inquinanti (Porte *et al.*, 1991). Per questi motivi la determinazione dell'attività di catalasi si è rivelata particolarmente utile nelle indagini ambientali.

In laboratorio tale attività è stata determinata in aliquote di ghiandola di mitilo (3 pool di 5 individui per ogni stazione di prelievo) preventivamente lavate con una soluzione di NaCl (0,9%), omogeneizzate in 4 volumi di tampone Tris-HCl pH 7,4 contenente saccarosio e infine centrifugate (All. A8-X), prima a 2.000 x g per 10' per eliminare la frazione lipidica, e successivamente a 9.000 x g per 30' per ottenere la frazione citosolica. L'attività dell'enzima di catalasi è stata determinata per via spettrofotometrica (Aebi, 1974; All. A8-VII) a 240 nm valutando la diminuzione in assorbanza dell'estratto dovuta al consumo di H_2O_2 .

Valutazione della concentrazione di malondialdeide - La perossidazione lipidica è un meccanismo ben noto di danno cellulare che viene ampiamente utilizzato come indicatore di stress ossidativo.

Le perossidasi lipidiche, derivanti da acidi grassi poliinsaturi, sono instabili e si decompongono a formare una serie complessa di composti. Questa include composti reattivi carbonilici tra i quali il più abbondante è la malondialdeide (MDA). La valutazione

del contenuto in malondialdeide in un tessuto o in un fluido biologico è quindi utilizzata quale indice di perossidazione lipidica.

Il metodo applicato si basa sulla reazione cromogenica tra N-metil-2-fenilindolo (NMPI) con MDA a caldo. Una molecola di MDA reagisce con due molecole di NMPI a formare un composto colorante (carbocianina) la cui assorbanza è rilevabile allo spettrofotometro (All. A8-VII) ad una opportuna lunghezza d'onda.

Al momento dell'analisi 3 pool provenienti da ogni sito di prelievo costituiti ciascuno da 3 ghiandole digestive sono stati lavati con una soluzione di NaCl (0,9%), omogeneizzati in 2 volumi di tampone Tris-HCl contenente β -mercaptoetanololo come antiossidante e centrifugati (All. A8-X) a 10.000 x g per 10' a 4°C. A 100 μ l di supernatante estratto sono stati aggiunti 650 μ l di NMPI, 100 μ l di acqua distillata e 150 μ l di HCl (37%). Il campione è stato quindi incubato a caldo, raffreddato in ghiaccio, centrifugato a 10.000 x g e infine letto allo spettrofotometro. La concentrazione di MDA è stata stimata utilizzando come riferimento una curva standard a concentrazioni crescenti di tetrametossipropano (TMOP). La concentrazione totale in proteine del campione è stata determinata attraverso il metodo di Bradford (1976).

Valutazione del contenuto in Metallotioneine - La valutazione del contenuto in metallotioneine rappresenta un importante indice di stress specifico. Le metallotioneine sono proteine cellulari inducibili dall'accumulo nella cellula di cationi di metalli pesanti; pertanto, la valutazione della loro concentrazione tissutale nelle cellule della ghiandola digestiva del mitilo risulta un parametro specifico per quantificare la risposta biologica degli animali all'inquinamento da metalli pesanti quali Cu, Cd, Hg, Zn, Pb, ecc.

Al momento dell'analisi i tessuti (3 pool di 5-7 individui per ogni stazione) sono stati omogeneizzati in 3 volumi di Saccoroso/Tris-HCl addizionati di Leupeptina e β -mercaptoetanololo. L'omogenato è stato quindi centrifugato (All. A8-X) per ottenere una frazione solubile contenente le metallotioneine. Il soprannatante è stato successivamente precipitato con etanolo-cloroformio con il duplice scopo di rimuovere i tioli a basso peso molecolare e concentrare le metallotioneine; 1 ml di citosol è stato quindi addizionato con 1,05 ml di etanolo freddo e cloroformio e centrifugato a 6.000 x g per 10'. Il soprannatante così ottenuto è stato addizionato di 3 volumi di etanolo freddo e mantenuto a -20°C per 1 h e quindi centrifugato a 6.000 x g per 10' in rotore oscillante. Il pellet è stato lavato una volta con etanolo e cloroformio nel buffer di omogeneizzazione, ri-centrifugato, insufflato con azoto e risospeso in NaCl 0,25 M addizionato di 150 μ l di HCl e EDTA. Ai campioni

così risospesi è stato aggiunto DTNB (acido ditiobisnitrobenzoico) preparato al momento dell'uso e quindi sono stati centrifugati a 3.000 x g. L'assorbanza è stata valutata per via spettrofotometrica (All. A8-VII) misurandola a 412 nm.

Accumulo di Lipofuscine nei lisosomi – Questo metodo permette di determinare l'accumulo nei lisosomi dei prodotti finali della perossidazione lipidica delle membrane cellulari: le lipofuscine. Con il termine di ossidazione lipidica si intende una serie di reazioni chimiche favorite da specie reattive dell'ossigeno (ROS) che causano danni alle molecole lipidiche delle membrane cellulari. Gli eventi perossidativi si verificano comunemente nelle cellule viventi, anche in condizioni fisiologiche, in quanto rappresentano una via catabolica per gli acidi grassi insaturi di membrana. L'esposizione a sostanze xenobiotiche, tra cui i contaminati organici, può favorire fenomeni perossidativi provocando danni cellulari. Il processo di perossidazione porta alla formazione di miscele complesse di prodotti di degradazione lipidica altamente tossici in grado di interagire sia con le proteine di membrana che con altri componenti cellulari alterandone le funzioni. Al termine del processo, i prodotti vanno ad accumularsi nel sistema vacuolare lisosomiale sotto forma di lipofuscine. Studi recenti (Terman e Brunk, 2004; Viarengo *et al.*, 2007) sembrano evidenziare un contributo da parte delle lipofuscine all'accumulo dei metalli pesanti nella ghiandola digestiva. Infatti, il metallo può rimanere intrappolato nel granulo di lipofuscina legandosi stabilmente ad esso, oppure può legarsi ai gruppi acidi dei lipidi ossidati, restando così vincolato in maniera non stabile al granulo. Come per i lipidi neutri insaturi, questo tipo di analisi utilizza una metodologia quantitativa. Il contenuto in lipofuscine viene valutato utilizzando il metodo Schmorl (Moore, 1990).

In laboratorio le sezioni di 5 individui provenienti da ciascun sito preparate al criostato (All. A8-VIII) sono state fissate in calcio-formolo a 4°C, risciacquate in acqua distillata e poste nel mezzo di reazione contenente cloruro di ferro e potassio ferrocianuro per 5'. Successivamente, sono state lavate in acido acetico, risciacquate in acqua, montate su vetrino ed analizzate mediante un sistema di analisi d'immagine al microscopio ottico (All. A8-IX) per la determinazione della colorazione dei lisosomi dovuta all'accumulo di lipofuscine.

Accumulo di Lipidi neutri nei lisosomi - Questo indice valuta l'alterazione delle membrane lisosomiali derivata dall'esposizione a idrocarburi aromatici che determinano un accumulo di lipidi neutri insaturi all'interno dei lisosomi.

Le sezioni, derivanti da 5 individui per ciascun sito preparate al criostato (All. A8-VIII)

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

Le sezioni così ottenute sono state analizzate al microscopio ottico (All. A8-IX) mediante un sistema di analisi d'immagine che determina la percentuale di colorazione dei lisosomi dovuta all'accumulo dei lipidi neutri insaturi.

Micronuclei - Molti inquinanti ambientali cancerogeni e mutageni (tra i quali idrocarburi policiclici aromatici e alcune clorodiossine) sono in grado di danneggiare il DNA inducendo delle modificazioni che, quando eccedono la capacità di riparo dell'organismo, possono causare danni irreversibili al patrimonio genetico.

Inizialmente identificati nel 1891 da Howell negli eritrociti e in seguito descritti da Jolly nel 1905, i micronuclei (MN) sono strutture contenenti cromatina circondata da una membrana, presenti nel citoplasma e senza alcuna connessione con il nucleo principale della cellula.

I MN si formano per perdita di un cromosoma intero o frammenti di cromatina durante la divisione cellulare o anche per apoptosi e diventano rilevabili come MN distinti dal nucleo principale della cellula nell'interfase successiva alla loro formazione (Heddle *et al.*, 1991). La formazione di MN può essere dovuta all'azione di composti organici (Bolognesi *et al.*, 2004) e inorganici (Bolognesi *et al.*, 1996), all'invecchiamento cellulare e quindi all'azione dei processi di riparazione del DNA, alla presenza di siti fragili nel cromosoma, a instabilità genetica o a ipometilazione del DNA (Stopper e Müller, 1997). I micronuclei presenti nella cellula possono essere evidenziati (Bolognesi *et al.*, 1996) usando diversi coloranti e la loro frequenza, che può essere quantificata microscopicamente con citometria a flusso o mediante immunofluorescenza, è utilizzata come misura di danno genetico.

Recentemente, nell'ambito del monitoraggio ambientale, il test è stato applicato anche ai molluschi bivalvi, e in particolare ai mitili, per valutare la presenza nell'ambiente marino di potenziali inquinanti genotossici (Bolognesi *et al.*, 2004). Uno degli aspetti di maggior interesse di questo test è il suo elevato significato ecotossicologico dal momento che l'attività genotossica di molti composti inquinanti può portare, nel corso delle generazioni, ad alterazioni non solo a livello di singolo individuo, ma anche ai livelli più elevati di organizzazione biologica quali popolazione e comunità (Mersch *et al.*, 1996). Viene quindi

utilizzato come biomarker di esposizione e/o effetto a sostanze genotossiche e può essere predittivo del rischio ecologico.

Le frequenze di MN nei mitili sono influenzate da fattori fisici, come la temperatura, e fisiologici, come l'età dell'organismo (Brunetti *et al.*, 1992), che devono essere tenuti in considerazione nella valutazione dei risultati di monitoraggi ambientali.

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

Per ogni mitilo sono state osservate al microscopio ottico (All. A8-IX) circa 2000 cellule di emociti e su queste sono state determinate le frequenze di micronuclei e delle anomalie nucleari (Ottaviani e Franceschini, 1997).

Real Time PCR (q-PCR) - L'amplificazione del DNA costituisce una tecnica d'indagine consolidata in campo biomedico e solo di recente è stata implementata con tecniche innovative per lo studio della qualità degli ambienti marini. La tecnica di Real Time PCR consente di monitorare e quantificare una molecola target mentre la reazione biochimica che le produce la sua amplificazione è in corso. La metodologia prevede l'amplificazione selettiva e quantificazione in vitro di una sequenza di DNA target. Ciò è reso possibile dall'impiego di diversi prodotti chimici fluorescenti detti *reporter* che correlano l'amplificazione con l'intensità della fluorescenza (Higuchi *et al.*, 1993). La reazione di una classica PCR ad un certo numero di cicli giunge a plateau; ciò solitamente è indipendente dalla quantità iniziale di templati. Il sistema giunge a plateau per un ampio raggio di DNA di partenza. Grazie alla PCR quantitativa si può, quindi, monitorare la quantità di DNA prima del plateau, durante la fase esponenziale di crescita, per risalire alla quantità di template di partenza.

Con particolare riferimento all'ambiente marino la q-PCR può essere utilizzata per quantificare l'espressione di geni funzionali considerati bioindicatori.

In particolare nella presente esperienza di monitoraggio è stata prevista l'estrazione del RNA dalle cellule delle ghiandole digestive di mitilo, la retroscrittura dell'RNA in cDNA e infine l'amplificazione del cDNA tramite PCR. In questo caso, rispetto alla

sequenza completa rappresentata dall'intero RNA, il metodo di studio si è focalizzato sulla quantificazione di due sequenze geniche, MT₁₀ ed MT₂₀, responsabili della sintesi delle proteine metallo-chelanti “metallotioneine” (Dondero *et al.*, 2005).

La tecnologia di q-PCR adottata ha previsto:

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

Operativamente, 0,1 gr di ghiandola digestiva è stato omogenato in Trizol e incubato a temperatura ambiente per 5' per favorire la completa dissociazione dei complessi nucleoproteici. Sono stati quindi aggiunti 100 µl di cloroformio e dopo 3' l'estratto è stato centrifugato (10.000 x g per 5' a 4°C; All. A8-V) realizzando una separazione in due fasi: una inferiore arricchita in fenolo rosso e una superiore acquosa contenente l'RNA. La fase acquosa è stata trasferita in una eppendorf e l'RNA raccolto è stato concentrato mediante precipitazione per mezzo di trattamenti sequenziali a base di alcool isopropilico ed etanolo (75%) seguiti da centrifugazione a 10.000 x g per 10' (All. A8-IX) a 4°C. Il surnatante ottenuto è stato quindi eliminato e il pellet depositato sul fondo della provetta è stato risospeso in 100 mM sodio acetato ed etanolo (100 %). Il passaggio successivo ha previsto la purificazione attraverso trattamento con LiCl (8M), incubato a -20°C per 30' e centrifugato a 20.000 x g per 30'; il surnatante è stato quindi eliminato. Il pellet così ottenuto è stato nuovamente risospeso in etanolo (75%) per la fase di analisi o conservato a -20°C. E' seguita la quantificazione dell'RNA ottenuto tramite lettura a diverse bande come $\lambda= 230, 260$ e 280.

Per la fase successiva di sintesi del cDNA sono stati prelevati 0,1 g di RNA totale, incubato a 70° C per 5' con appropriate quantità di oligoTprimers. Successivamente, sono stati aggiunti in rapida sequenza il tampone di reazione, il mix di desossiribonucleotidi trifosfato (dNTP), l'acqua deionizzata nuclease free, e il RevertAid M-MuLV Reverse Transcriptase[®]. E' stato quindi impostato il seguente ciclo termico di PCR:

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

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

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

2.2.7.3 Analisi ultrastrutturali

Gli organi di interesse sono stati prelevati dagli animali, opportunamente etichettati per individuare la direzione di taglio e immersi immediatamente in liquido fissativo.

Sono state usate due diverse fissazioni in funzione del tipo di trattamento istologico previsto:

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

I campioni sono stati mantenuti in fissativo fino al momento delle successive fasi di preparazione.

Dopo la fissazione, il tessuto è ancora estremamente ricco d'acqua, per cui è necessario eseguire un procedimento di disidratazione per immersione in miscele acqua-alcool (con concentrazione di alcool crescente) seguito da un processo di infiltrazione dei campioni con opportune resine polimeriche.

Per i tessuti destinati al sezionamento con microtomo convenzionale si è proceduto all'inclusione in paraffina, che è una miscela di idrocarburi tipicamente utilizzata nella cera

delle candele. Invece per i campioni destinati al taglio con l'ultramicrotomo si è proceduto all'inclusione in resina epossidica (Epon o Araldite) che crea blocchetti assai più duri e resistenti.

A questo punto i campioni dei vari tessuti erano pronti per il sezionamento col microtomo rotativo o con l'ultramicrotomo.

Il microtomo convenzionale (modello Leitz 1512; All. A8-XI) consente di ottenere delle sezioni di spessore regolabile da un massimo di 25 μm fino ad un minimo di 2-4 μm . Le sezioni sono state tagliate con spessori maggiori per le analisi al microscopio ottico convenzionale e per le indagini spettroscopiche, mentre per le indagini al SEM sono state utilizzate sezioni più sottili.

L'ultramicrotomo è concettualmente analogo al microtomo rotativo convenzionale, ma permette di ottenere sezioni molto più sottili ed è stato utilizzato per preparare i campioni per la microscopia AFM. Lo strumento utilizzato è stato un Reichert Ultracut S (All. A8-XII) e le sezioni sono state prodotte con uno spessore di circa 200 nm.

Successivamente i campioni sono stati colorati per evidenziare nuclei e organelli cellulari potenzialmente interessanti. La colorazione è avvenuta seguendo un protocollo istologico standard, con una combinazione di Ematossilina/Eosina (E-E): la prima sostanza è basica e marca i nuclei di un colore blu, mentre la seconda è acida e viene usata per marcare il citoplasma cellulare e tessutale di un rosa chiaro. I campioni colorati sono stati utilizzati per lo screening con microscopia ottica classica (All. A8-XIII) che è preliminare all'analisi più approfondita delle sezioni più interessanti.

Riguardo le analisi ultra-morfologiche con il microscopio AFM (All. A8-XIV), la caratterizzazione dei campioni è stata effettuata essenzialmente in modalità "contact" per la topografia e tramite misure di friction force per identificare eventuali particelle metalliche. Per alcuni raffinamenti delle indagini si sono preferite acquisizioni in "tapping" mode.

Per l'analisi SEM le sezioni, di 4-8 μm , incluse in paraffina e non colorate, sono state depositate su un substrato conduttore (silicio drogato) sul quale sono state successivamente sottoposte a un processo di rimozione della paraffina le cui caratteristiche di bassa conducibilità avrebbero ostacolato le misure SEM.

Introduzione all'AFM

La microscopia a forza atomica (AFM) nasce intorno alla metà degli anni '80 ed è basata su un principio innovativo rispetto alle altre tecniche di microscopia esistenti. L'AFM,

infatti, realizza immagini sfruttando le interazioni tra la superficie di un campione e una sonda molto acuminata (raggio apicale minore di 10 nm) che si muove, attraverso dei movimentatori piezoelettrici, parallelamente e a piccolissima distanza dalla superficie del campione. Nella modalità più semplice, il “*contact mode*”, la punta è fatta scansionare ad una distanza dalla superficie inferiore a 1 nm e gli spostamenti verticali della punta, necessari a mantenere costante la distanza dal campione (più correttamente, l’interazione punta-campione), sono registrati e convertiti in punti nello spazio tridimensionale. In questo modo, attraverso una scansione N righe x N colonne, si riesce a ricostruire una immagine fedele e ad alta risoluzione della superficie del campione. La risoluzione laterale dell’immagine è di solito di qualche nm, mentre la risoluzione verticale è tipicamente di qualche angstrom. Le forze di interazione tra la punta e la superficie sono molto piccole e permettono un’analisi non distruttiva dei preparati; inoltre la punta, durante la scansione, può essere usata per raccogliere altre informazioni sulle proprietà locali del campione. Ad esempio, misurando le torsioni laterali della punta durante il movimento (friction force), si ottiene una misura dell’attrito locale tra punta e campione che è associabile (qualitativamente) alla composizione chimica ed alla presenza di materiali esogeni sulla superficie del campione.

Oltre al “*contact*” esistono altre modalità di acquisizione tra cui la più nota è detta “*tapping*” mode in cui il microscopio è pilotato in modo diverso, ma che fornisce di fatto le medesime informazioni.

I microscopi utilizzati per l’analisi delle sezioni istologiche sono strumenti progettati e costruiti presso i laboratori dell’Istituto di Struttura della Materia (ISM) del CNR. Questi microscopi hanno un range di scansione massimo di 40 x 40 µm. Le punte usate sono punte Veeco MSCT-AUHW da contact (raggio apicale circa 10 nm) e Nanosensors PPP-NCHR-50 da tapping (raggio apicale 10-15 nm e frequenza di risonanza di circa 300khz).

Introduzione al SEM

Il Microscopio Elettronico a Scansione (SEM), inventato da Max Knoll nel 1935, produce immagini di un campione attraverso la scansione con un fascio di elettroni ad alta energia. Gli elettroni interagiscono con gli atomi che formano il campione, mantenuto in ultra alto vuoto e permettono di ottenere immagini tridimensionali della sua topografia e informazioni sulla composizione.

Il microscopio SEM utilizzato in questo caso è uno Stereoscan 260 della Cambridge Instruments, dotato di pompa rotativa e turbo molecolare per il mantenimento della camera

porta-campione e della colonna in alto vuoto ($10^{-6}/10^{-7}$) e di filamento a tungsteno per la produzione del fascio elettronico. Le energie ottenibili sono comprese tra i 5 e i 30 keV, scelte a seconda delle caratteristiche del campione da analizzare. Lo strumento permette di ottenere immagini con risoluzione dell'ordine di poche decine di nanometri.

Introduzione alla Spettroscopia FTIR

Le spettroscopie sono tecniche molto utilizzate per identificare la composizione di un campione o le proprietà di una sostanza attraverso l'analisi dei loro spettri in diversi intervalli energetici. Le tecniche di spettroscopia infrarossa, in particolare, si basano sul fatto che le molecole possono ruotare o vibrare in corrispondenza di livelli energetici quantizzati e perciò ben definiti (modi roto-vibrazionali). Queste frequenze caratteristiche dipendono da vari fattori, tra cui la geometria e composizione elementare delle molecole, il loro momento di dipolo elettrico etc., perciò è concettualmente possibile associare la presenza di una particolare molecola a una serie di frequenze roto-vibrazionali identificabili tramite spettroscopia infrarossa.

A causa degli elevati costi di fabbricazione di monocromatori per l'infrarosso, spesso si preferisce l'uso di interferometri. In questo caso si parla di *Fourier Transform Infrared spectroscopy* (FTIR): la luce IR, dopo aver attraversato il campione, viene inviata ad un interferometro ed, eseguendo una trasformata di Fourier dell'interferogramma, si ottiene uno spettro praticamente identico a quello che si otterrebbe con uno spettrometro tradizionale, ma con un tempo di acquisizione notevolmente inferiore.

Gli spettri presentati nel presente rapporto sono stati raccolti usando uno FTIR Jasco V-430. Si tratta di uno spettrofotometro infrarosso a doppio fascio con modalità di acquisizione FFTIR (Fast Fourier Transform IR). Lo strumento permette di sondare il campione con luce di lunghezza d'onda compresa tra 1,25 e 20 μm ($500\text{-}8000\text{ cm}^{-1}$). La camera di misura è fornita di porta-campioni modificati per l'alloggiamento di campioni di diverse dimensioni.

2.2.8. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Durante le analisi di laboratorio le 6 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) e i valori ottenuti sono stati rapportati a una superficie di 0,095 m² che, come già detto, corrisponde all'area di apertura della benna e, quindi, alla superficie di sedimento investigata dallo strumento; sono stati quindi calcolati numero e peso medi tra le repliche effettuate su una stessa stazione.

I valori così ottenuti sono stati utilizzati per calcolare i seguenti indici medi:

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

Biomassa (P): $gr \ 0,095m^2$

Indice di Dominanza (D; May, 1979): $D = n_i N^1$

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 (Pérès e Picard, 1964; Bellan Santini e Ledoyer 1972; Amouroux, 1974; Bourcier *et al.*, 1979; Bellan *et al.*, 1980; Nodot *et al.*, 1984; Salen-Picard, 1985; Augier, 1992; Bianchi *et al.*, 1993; Poppe e Goto; 1991; 1993; Rinelli e Spanò, 1997; Chimenz Gusso *et al.*, 2001) sono state ricercate per tutti i taxa determinati a livello di specie.

Con i dati di densità delle singole specie sono state calcolate le curve di dominanza cumulative. Per valutare le eventuali somiglianze tra le stazioni campionate è stata effettuata un'analisi statistica multivariata utilizzando il pacchetto software PRIMER (Clarke e Warwick, 2001).

Infine, per valutare lo stato ecologico dell'area, sono stati confrontati i risultati di tre differenti indici (l'indice W di Clarke, l'indice AMBI e l'indice BENTIX; Clarke e Warwick, 2001; Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), seguendo quanto suggerito da Teixeira *et al.* (2007). Questi Autori riportano infatti la possibilità di ottenere, attraverso la combinazione dei risultati derivati da più indici, un buon set di dati in grado di descrivere lo stato della qualità ecologica di una determinata area. Per quanto concerne i tre indici scelti per questo scopo, l'indice W prevede l'integrazione dei dati di abbondanza numerica e di biomassa delle singole specie. Tale metodo si basa sul presupposto che in aree stabili è favorita la presenza di specie con

una “strategia di tipo k”, con ciclo vitale lungo, grandi dimensioni corporee degli individui adulti, raramente dominanti numericamente, ma dominanti in termini di biomassa. Al contrario, nelle comunità disturbate, viene favorita la presenza di specie con “strategia di tipo r”, dette anche opportuniste, caratterizzate da un ciclo vitale breve e piccola taglia corporea, che generalmente risultano dominanti numericamente (Pianka, 1970).

L’indice si basa sulla seguente formula:

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

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

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

L’indice AMBI è stato applicato da Muxica *et al.* (2005) oltre che in ambienti marino-costieri, anche in aree più profonde (costa occidentale svedese) e in aree interessate dalla presenza di piattaforme petrolifere (Mare del Nord). Assume valori compresi tra 0 (ambiente non inquinato o disturbato) a 7 (ambiente estremamente inquinato o disturbato).

Tab. 2-XV - 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	$-0,501 \geq W \geq -1,000$

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

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

I gruppi ecologici nei quali vengono raggruppate le specie (il cui elenco disponibile nel software AMBI 5 è aggiornato a marzo 2012) sono identificati soprattutto in base alla loro sensibilità ad arricchimenti organici:

- gruppo I: Specie molto sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali. Tale gruppo include i carnivori specialisti e alcuni policheti tubicoli detritivori.
- gruppo II: Specie indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo. Esse includono sospensivori, alcuni carnivori poco selettivi e scavatori.
- gruppo III: Specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti. Queste specie possono essere presenti in condizioni normali, ma le loro popolazioni sono stimolate da un aumento di sostanza organica. Si tratta prevalentemente di detritivori superficiali.
- gruppo IV: Specie opportuniste di secondo ordine; principalmente piccoli policheti detritivori sub-superficiali, come i cirratulidi.
- gruppo V: Specie opportuniste di primo ordine; sono detritivori che proliferano in sedimenti poco ossigenati e ridotti.

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

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

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

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

Questo indice si basa sulla suddivisione dei taxa di fondo mobile (per i quali è fornita una

lista) in 3 principali gruppi ecologici:

1. gruppo 1 (GI): include specie sensibili a un disturbo in generale;
2. gruppo 2 (GII): include specie tolleranti a un disturbo o a uno stress. Le popolazioni possono rispondere a un arricchimento organico o a un'altra fonte di inquinamento attraverso un incremento delle densità;
3. gruppo 3 (GIII): include le specie opportuniste di primo ordine, quelle pioniere e le specie tolleranti a situazioni di ipossia.

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

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

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

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-XVIII - 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

2.2.9. INDAGINI SULLA COMUNITÀ ITTICA

2.2.9.1 Campionamenti di pesca

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

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

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

Le varie specie ittiche catturate sono state suddivise in pelagiche (P), necto-bentoniche (NB) e bentoniche (B). Inoltre, per comprendere meglio l'influenza della piattaforma Annamaria B 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 denominate “non attratte” invece non hanno nessun rapporto con la piattaforma e, di norma, sono reperibili sul fondale originario fangoso.

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 due controlli) sono state calcolate sia la Ricchezza Specifica media (S_m) relativa a tutto il periodo di survey, sia la Ricchezza Specifica media per trimestre (S_{ms}), come numero medio di specie catturate in ogni stagione. Per ogni campionamento e per ciascuno dei tre siti è stato inoltre calcolato l'indice di Diversità specifica di Shannon-Weaver, per la cui definizione si rimanda al Cap. 2.2.8.

I rendimenti di pesca sono stati calcolati sia in termini numerici (n. ind/500m/12h) che ponderali (kg/500m/12h) per ogni singola specie e per il totale delle catture di ciascun sito ottenute nell'intero periodo di campionamento (N e P) e in ciascuna stagione (N_m e P_m).

Per confrontare i risultati ottenuti per i suddetti indici (S; H' ; N e P) e per i dati di cattura in numero e peso dei principali gruppi di specie è stato effettuato un confronto statistico tra la piattaforma e i siti di controllo usando un'analisi della varianza a una via bilanciata a fattori fissi (Lindman, 1992). Prima di svolgere l'analisi statistica, sono stati applicati i test di Kolmogorov-Smirnov e Bartlett per verificare rispettivamente la distribuzione normale dei dati e l'omogeneità delle varianze. Al fine di ridurre l'influenza di 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 *comparative non parametric test* (Zar, 1984).

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 e dei due anni. 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*.

Il Multi-Dimensional Scaling metrico (MDS) o anche denominato *Principal Coordinate analysis* (PCO; Anderson 2001), calcolato sulla base della matrice di Bray-Curtis usata nella precedente analisi, è stato utilizzato come metodo di ordinamento per visualizzare le differenze nel popolamento dei tre siti. Su questa rappresentazione sono state sovrapposti i vettori di correlazione delle 10 specie che influenzano maggiormente la distribuzione dei vari punti.

2.2.9.2 Investigazioni acustiche con Multibeam Echosounder per il rilevamento di banchi di pesce attorno alla piattaforma

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

riproduce le informazioni come immagini bi- o tridimensionali dei banchi di pesce acquisiti.

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 la procedura di mascheramento di Echoview. 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. 2.13) la cui base, costituita da pali che si estendono verticalmente lungo tutta la colonna d'acqua, crea un intenso *backscatter* oltre al fenomeno 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 solo quei target chiaramente distinguibili dall'intenso rumore di fondo sono stati presi in considerazione.

Una volta individuato, il banco di pesce è stato identificato e selezionato tramite la procedura *target detection* utilizzando l'algoritmo *cruise-scanning* per piattaforme (tipo imbarcazioni) in movimento (fig. 2.14). Visto che il sistema EM3002D non è calibrato per l'identificazione di particolari specie ittiche, si è considerato un *target strength* medio di -40 dB, funzione delle lunghezze degli individui normalmente catturati durante i campionamenti di pesca nell'area oggetto di studio e funzione della frequenza del MBES EM3002D. Questa procedura, oltre a fornire l'immagine tridimensionale del target, permette di estrarne sia le informazioni metriche che le variabili acustiche.

Di seguito si riporta la descrizione relativa a ciascuna caratteristica metrica e variabile acustica considerata per ogni target tridimensionale individuato (Tab. 2-XIX e 2-XX).

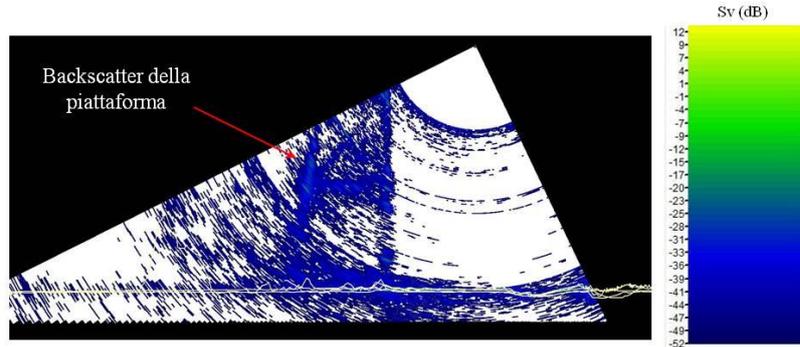


Fig. 2.13 - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma Annamaria B. Il forte backscatter dovuto alla presenza della struttura stessa e lo scattering omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma o all'interno dell'areale tra le gambe della stessa. Sv=Volume backscatter strength.

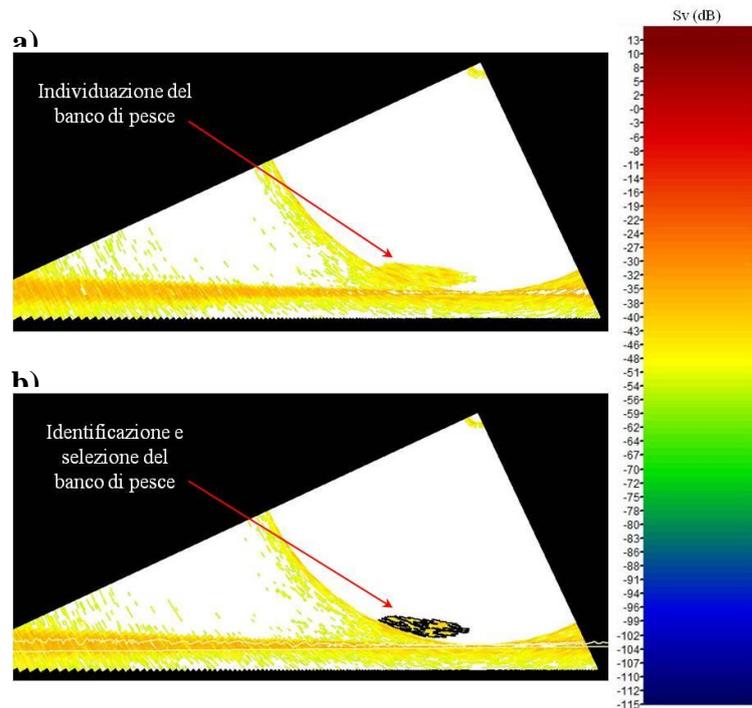


Fig. 2.14 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echoview. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del target tramite la procedura Target detection. La scala a colori sulla destra rappresenta il volume backscattering strength (Sv) in dB e si riferisce a entrambi a) e b).

Tab. 2-XIX - 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.
Ruvità	m ⁻¹	Superficie del target diviso il volume del target.
n. vacuoli	-	Numero di vacuoli individuati all'interno del target.
Volume totale vacuoli	m ³	Volume totale dei vacuoli individuati all'interno del target.

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

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

Completata l'individuazione delle aggregazioni di pesce, sono state create delle scene quadrimensionali (tre dimensioni spaziali e la dimensione temporale) delle porzioni di colonna d'acqua investigate, includendo anche il fondale marino e la superficie dell'acqua. Nel presente rapporto si riportano i risultati conseguiti conseguiti da luglio a dicembre 2012. Per i dati del semestre precedente si rimanda a Fabi *et al.*, (2016).

3. RISULTATI

3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

3.1.1. Temperatura, salinità, particolato organico e ossigeno disciolto

Nel monitoraggio condotto ad **agosto 2012** (fig. 3.1) i profili di temperatura hanno mostrato la presenza di un netto termoclino posto a 22 m di profondità, con valori intorno a 26°C dalla superficie al termoclino stesso gradualmente ridotti sino a 14°C a 50 m senza ulteriori variazioni fino al fondo. La salinità ha presentato una graduale riduzione da 37,5 psu in superficie a 38,7 psu a 40 m di profondità, rimanendo poi costante negli strati sottostanti. I profili di torbidità sono risultati costanti su tutta la colonna d'acqua e hanno presentato valori bassi intorno a 0,1 NTU. Solo il sito AMB08 ha presentato un picco (0,7 NTU) a circa 25 m. La saturazione di ossigeno disciolto si è mantenuta intorno al 100% di saturazione su tutta la colonna d'acqua, con una leggera diminuzione (94%) negli ultimi 10 m dal fondo.

Nel monitoraggio condotto nel **settembre 2012** (fig. 3.2) si è notata ancora la presenza di un netto termoclino, ma con valori di temperatura più bassi rispetto al monitoraggio precedente: infatti, sono stati registrati 21,1 - 21,7°C dalla superficie fino a 20 m e una graduale riduzione sino a 15°C a 40 m di profondità. La salinità si è attestata a 38,3-38,7 psu su tutta la colonna d'acqua. La torbidità non ha mostrato variazioni rispetto al agosto (0,1 NTU), mentre il profilo di ossigeno disciolto ha presentato valori intorno al 100% di saturazione con leggere variazioni dal 93% al 108% sull'intera colonna d'acqua.

Nel **dicembre 2012** (fig. 3.3) la colonna d'acqua è risultata completamente rimescolata con valori di temperatura, salinità, torbidità e ossigeno disciolto più o meno costanti dalla superficie al fondo. In particolare la temperatura ha mostrato valori intorno a 16°C su tutta la colonna d'acqua, la salinità intorno a 38,8 psu, la torbidità è rimasta simile ai mesi precedenti (0,1 NTU) e l'ossigeno disciolto ha mostrato valori di saturazione intorno al 97%.

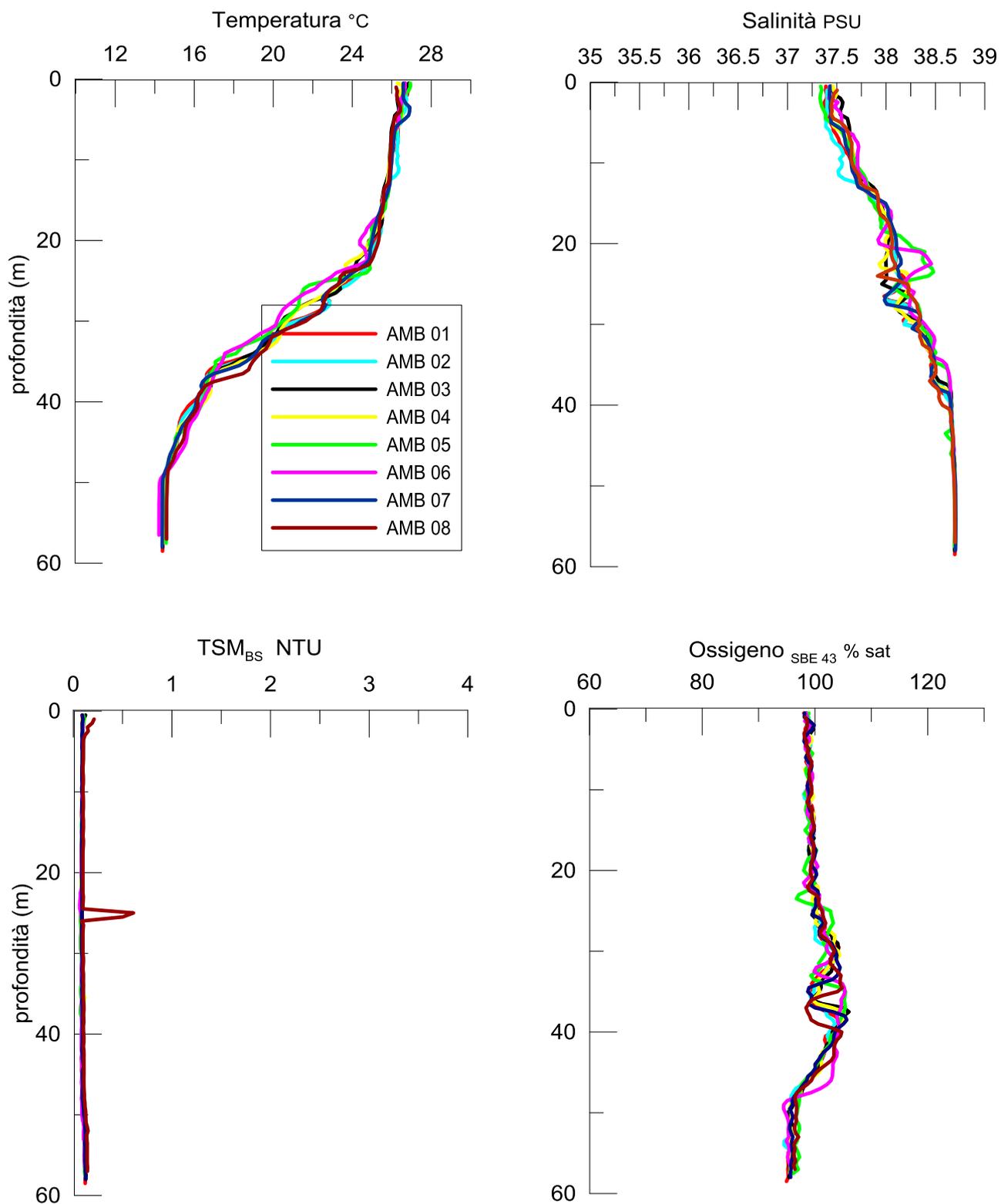


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (PSU), torbidità (Unità Arbitraria) e saturazione di ossigeno (%); agosto 2012.

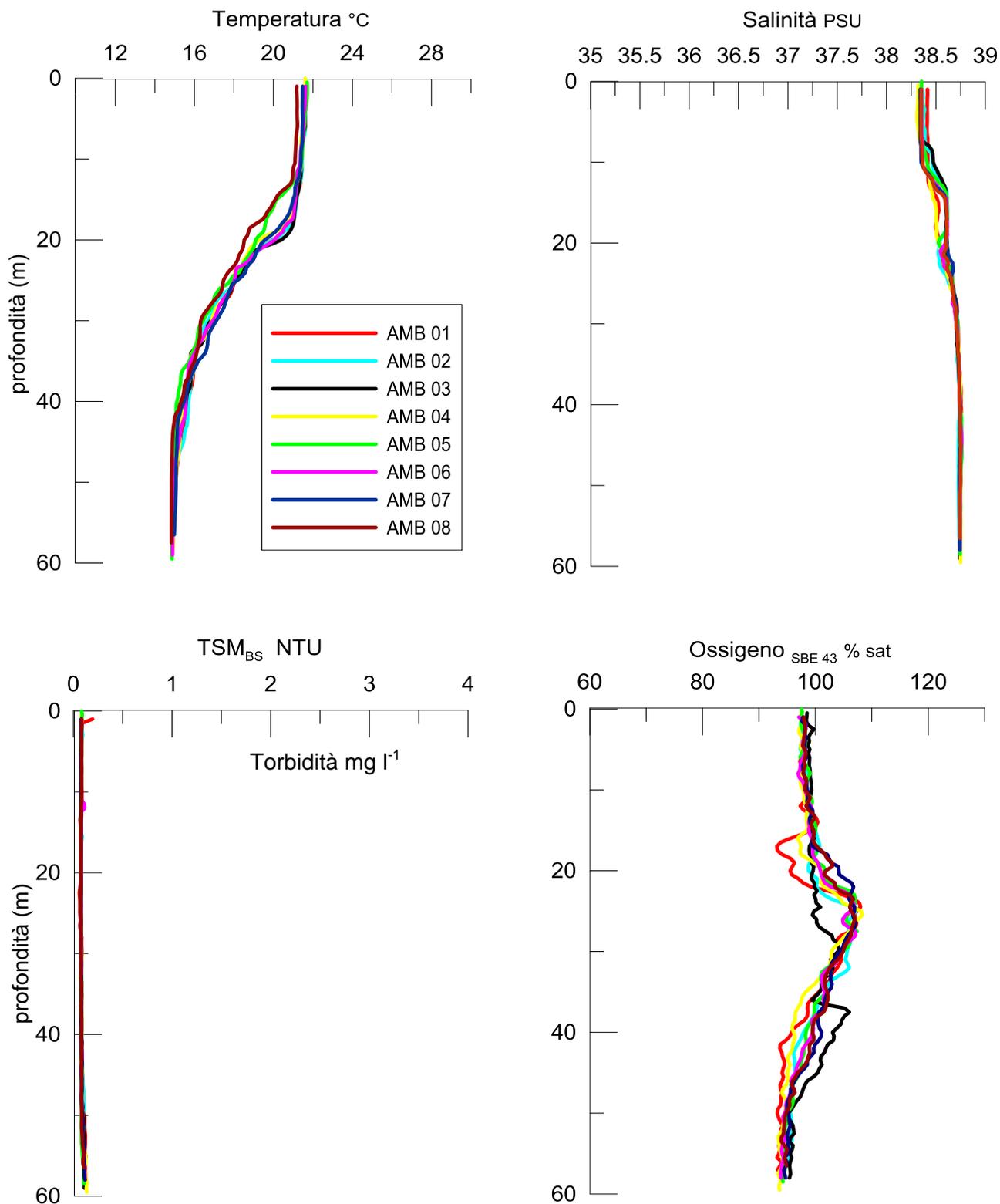


Fig. 3.2 - Profili di temperatura (°C), salinità (PSU), torbidità (Unità Arbitraria) e saturazione di ossigeno (%); settembre 2012.

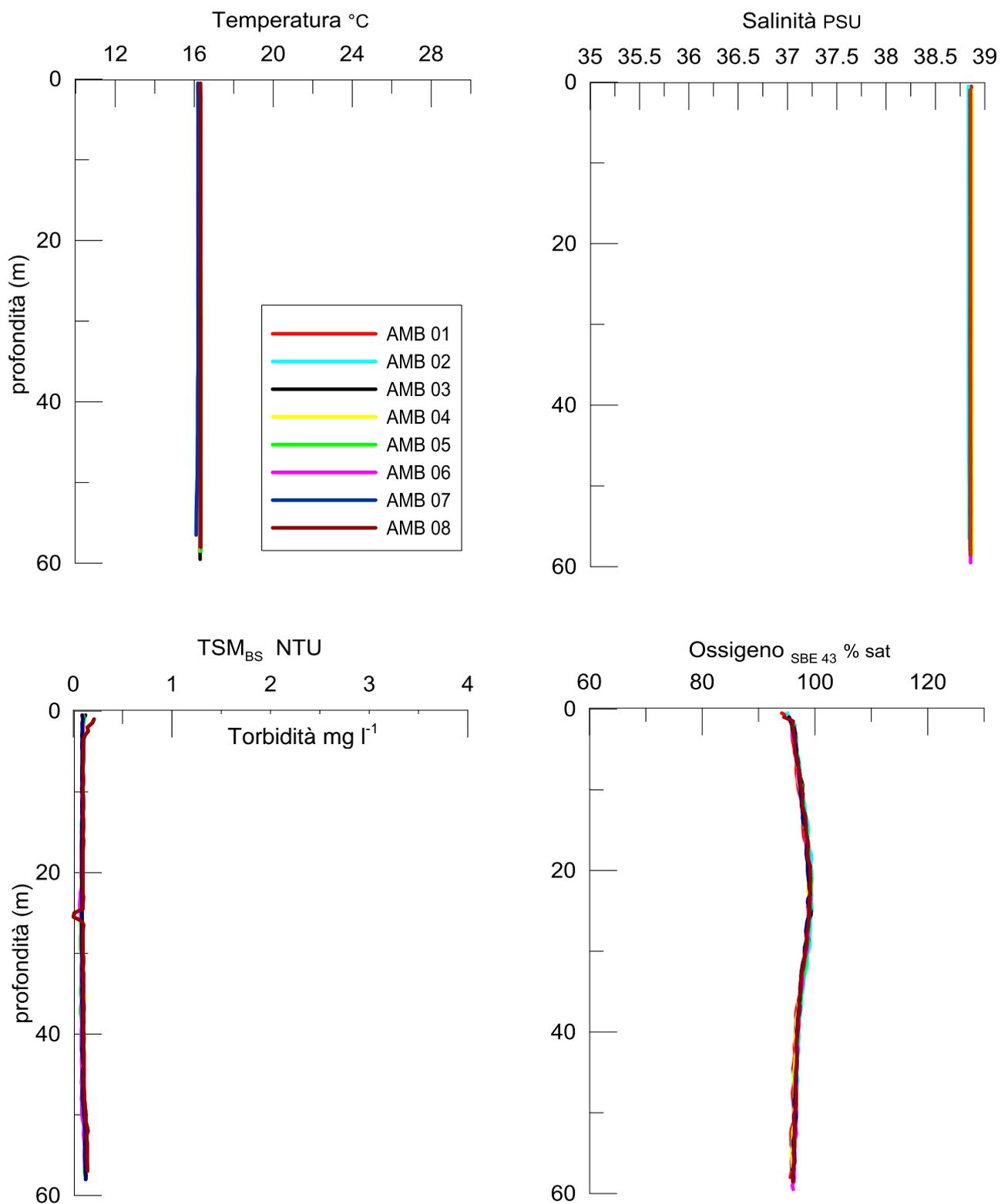


Fig. 3.3 - Profili di temperatura (°C), salinità (PSU), torbidità (Unità Arbitraria) e saturazione di ossigeno (%); dicembre 2012.

3.1.2. FLUORESCENZA INDOTTA

Le concentrazioni di clorofilla *a*, misurate come fluorescenza indotta (fig. 3.4) hanno presentato un andamento costante lungo tutta la colonna d'acqua, in tutte le stazioni e in tutte le tre campagne di misura, con valori intorno a $0,6 \mu\text{g l}^{-1}$ ad agosto e settembre e intorno a $0,3 \mu\text{g l}^{-1}$ a dicembre, quando sono stati evidenziati picchi di intensità maggiore, fino a $1 \mu\text{g l}^{-1}$, nei primi 23 m della colonna d'acqua.

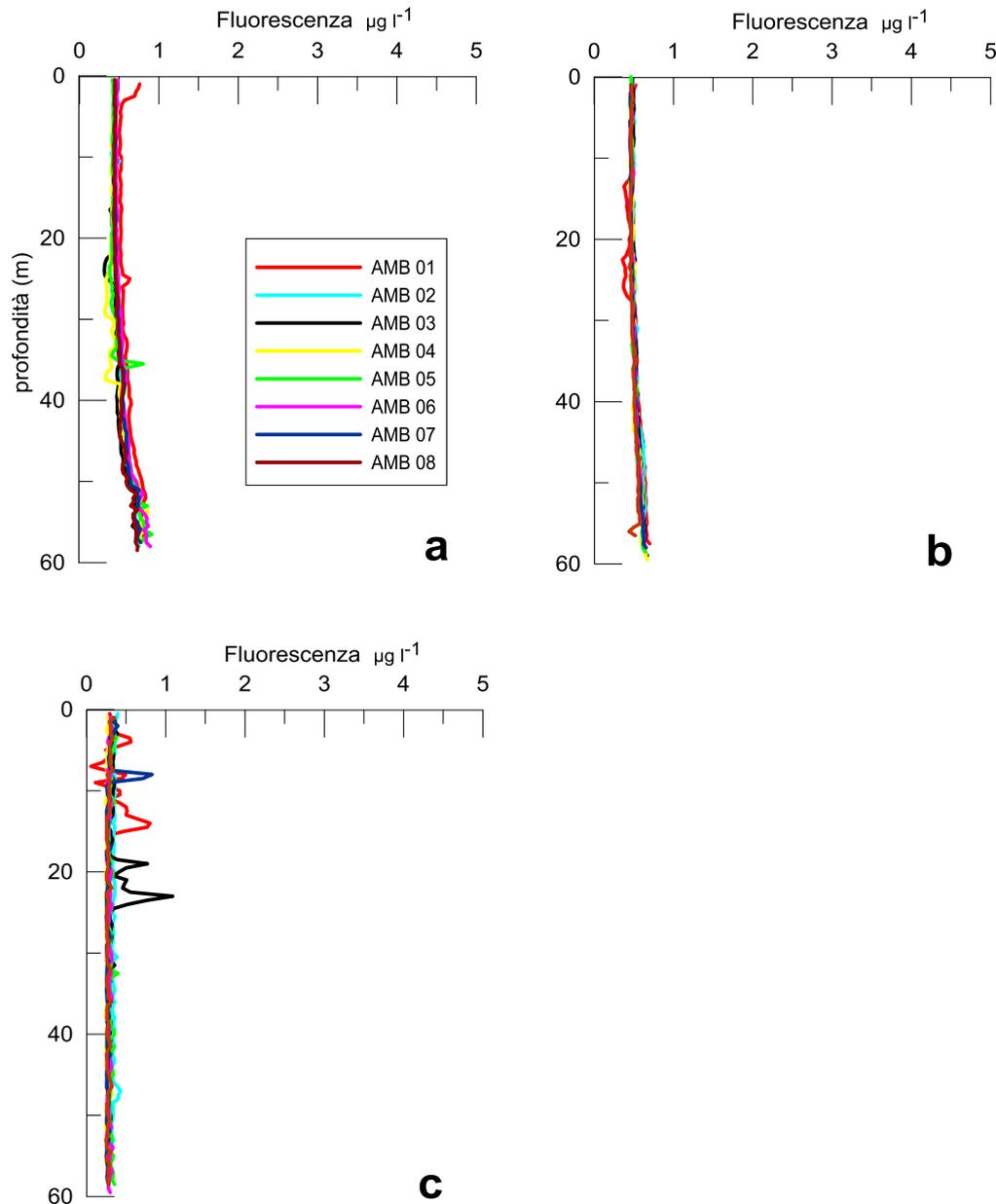


Fig. 3.4 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$) registrati nelle campagne di agosto (a), settembre (b) e dicembre 2012 (c).

3.1.3. SALI NUTRITIVI

Ad **agosto** (figg. 3.5a e 3.5b) nitriti e nitrati hanno mostrato concentrazioni scarse su tutta la colonna d'acqua. I nitriti sono risultati prossimi al limite di rivelabilità strumentale ovunque (0,02 $\mu\text{mol/l}$). Le concentrazioni dei nitrati sono risultate maggiori nella quota di 40 m della stazione AMB01 (0,23 $\mu\text{mol/l}$), mentre il minimo (0,02 $\mu\text{mol/l}$) si è registrato in più stazioni. Per l'ammonio sono state rilevate concentrazioni variabili. I valori sono apparsi compresi tra il limite di rilevabilità strumentale di 0,02 $\mu\text{mol/l}$ (in più stazioni) e 1,77 $\mu\text{mol/l}$ (AMB03, -40 m). Gli ortofosfati erano più abbondanti nelle quote di fondo. Essi sono risultati compresi tra il limite di rilevabilità strumentale (0,02 $\mu\text{mol/l}$) in più stazioni e 0,35 $\mu\text{mol/l}$, massimo osservato sul fondo della AMB08. Gli ortosilicati hanno presentato concentrazioni poco elevate e generalmente maggiori al fondo, comprese tra 0,02 $\mu\text{mol/l}$, in più stazioni, e 1,58 $\mu\text{mol/l}$ nella quota di fondo della stazione AMB06.

A **settembre** (figg. 3.6a e 3.6b) i nitriti e i nitrati erano ancora scarsi. I primi erano infatti compresi tra 0,02 $\mu\text{mol/l}$, in più stazioni, e 0,11 $\mu\text{mol/l}$ (AMB07, superficie). Il massimo dei nitrati (0,42 $\mu\text{mol/l}$) è stato rilevato nella quota di superficie della stazione AMB05, mentre il minimo (0,02 $\mu\text{mol/l}$) si è registrato in più stazioni. Per l'ammonio sono state osservate concentrazioni superiori rispetto a quelle di agosto, essendo comprese tra 0,02 $\mu\text{mol/l}$ (in più stazioni) e 6,39 $\mu\text{mol/l}$ (AMB03, fondo). Gli ortofosfati variavano tra 0,03 $\mu\text{mol/l}$, in più stazioni, e un picco di 0,60 $\mu\text{mol/l}$ registrato a -20 m della stazione AMB05. Gli ortosilicati hanno generalmente presentato concentrazioni simili a quelle rilevate nel periodo precedente e più elevate nelle quote di fondo, comprese tra 0,02 $\mu\text{mol/l}$ (in più stazioni) e un massimo di 1,95 $\mu\text{mol/l}$ registrato nella stazione AMB04 alla quota di fondo.

Nel mese di **dicembre** (figg. 3.7a e 3.7b) i nitriti hanno continuato a presentare concentrazioni scarse su tutta la colonna d'acqua anche se leggermente superiori ai mesi precedenti, essendo comprese tra 0,02 $\mu\text{mol/l}$ (in più stazioni) e 0,26 $\mu\text{mol/l}$ (AMB06; superficie). Anche i nitrati hanno mostrato concentrazioni poco elevate comprese tra 0,02 $\mu\text{mol/l}$ (in più stazioni) e 0,51 $\mu\text{mol/l}$ (AMB06, superficie). L'ammonio è risultato variabile, oscillando tra 0,02 $\mu\text{mol/l}$ (in più stazioni) e un massimo di 2,92 $\mu\text{mol/l}$ osservato nella stazione AMB03 alla quota di superficie. Le concentrazioni di ortofosfati sono apparse scarse in tutta l'area, variando tra 0,02 $\mu\text{mol/l}$, osservato in più stazioni, e 0,23 $\mu\text{mol/l}$ alla quota dei 40 m della stazione AMB04. Gli ortosilicati sono risultati per lo più compresi tra 0,4 e 0,5 $\mu\text{mol/l}$. Il valore massimo di 1,37 $\mu\text{mol/l}$ è stato osservato alla quota di superficie della stazione AMB06.

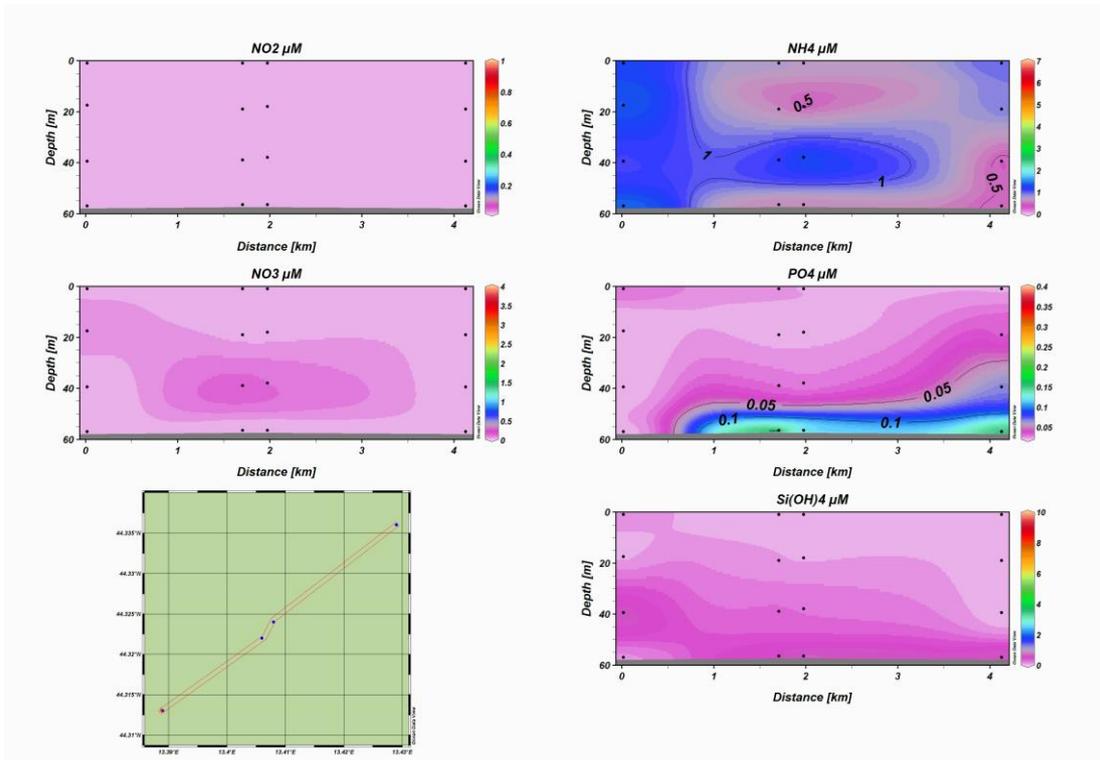


Fig. 3.5a - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03 e AMB07, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammonio (NH_3) espressi in $\mu\text{mol/l}$. **Agosto 2012.**

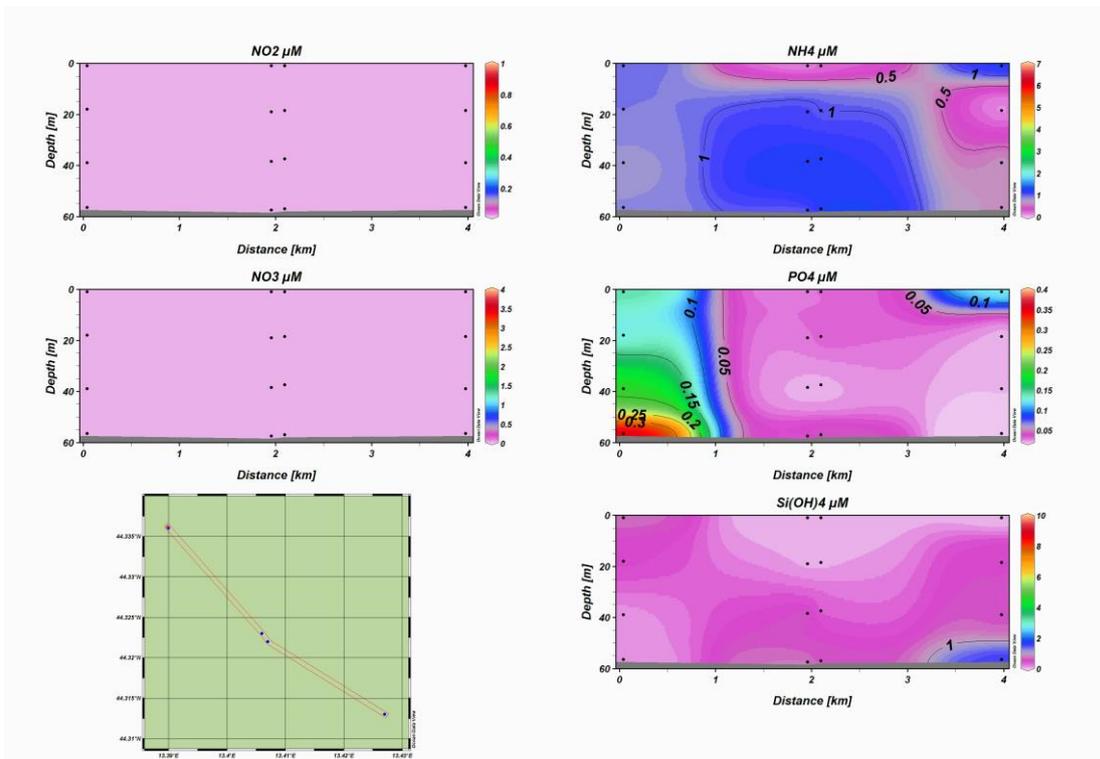


Fig 3.5b - Sezione verticale delle stazioni AMB08, AMB04, AMB02 e AMB06, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammonio (NH_3) espressi in $\mu\text{mol/l}$. **Agosto 2012.**

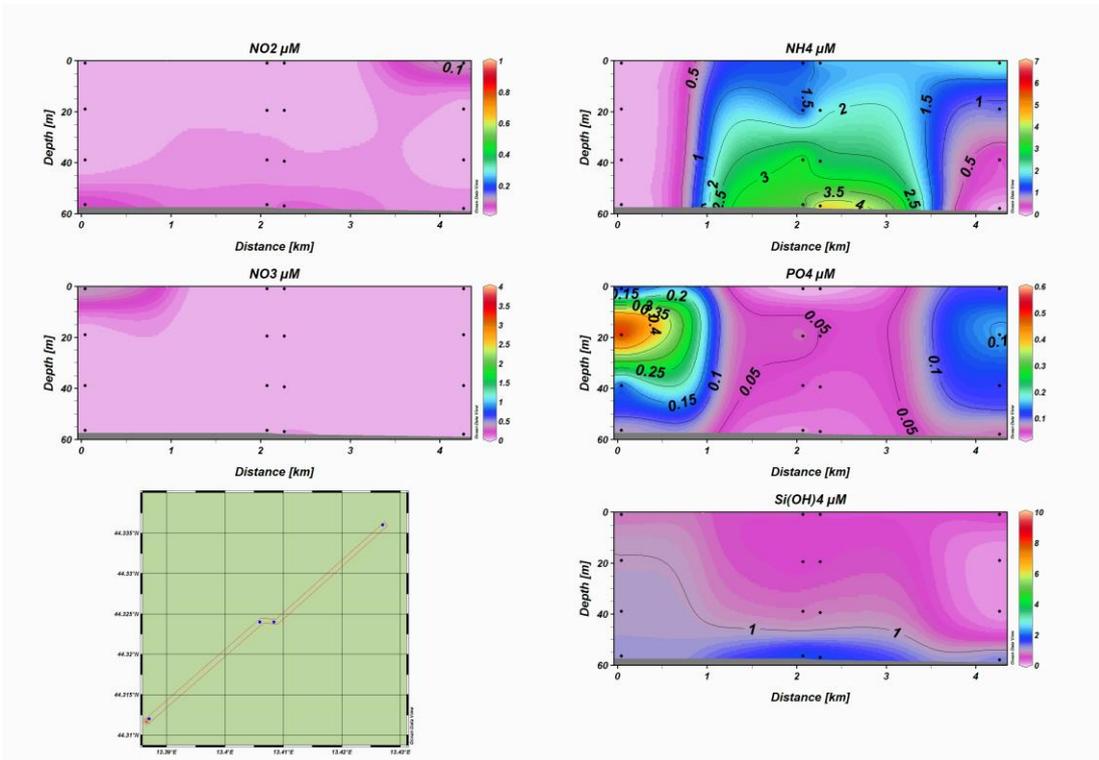


Fig. 3.6a - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03 e AMB07, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammonio (NH_3) espressi in $\mu\text{mol/l}$. **Settembre 2012**.

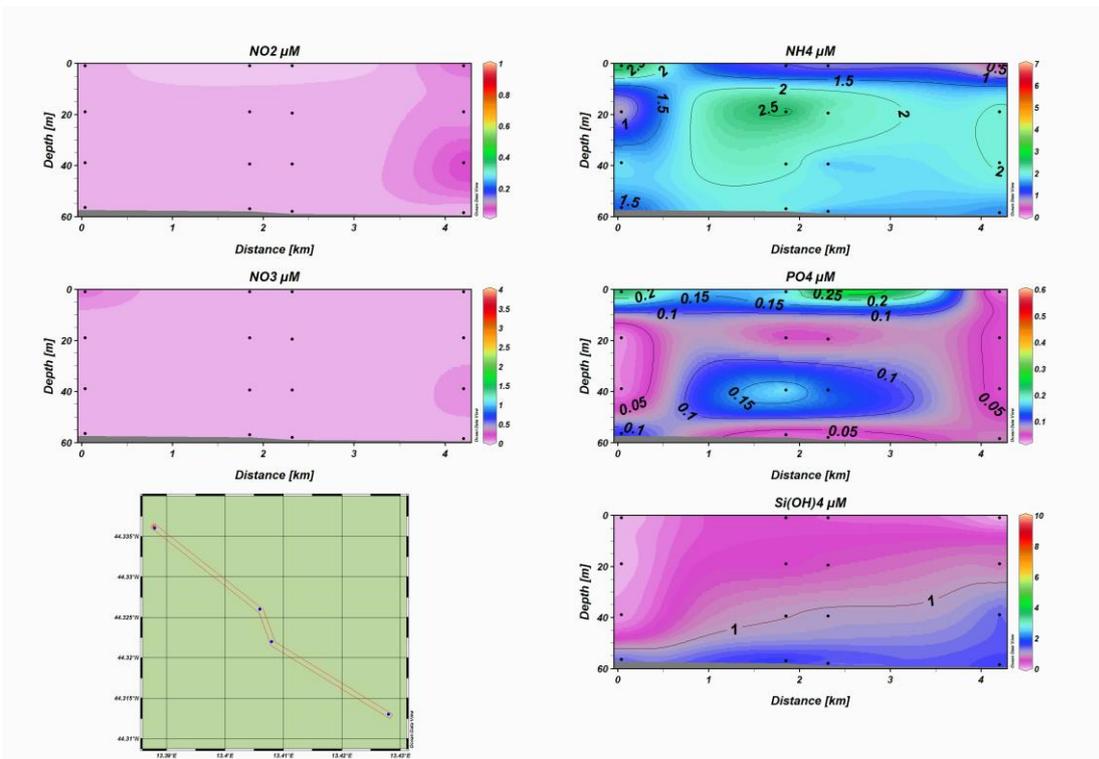


Fig 3.6b - Sezione verticale delle stazioni AMB08, AMB04, AMB02 e AMB06, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammonio (NH_3) espressi in $\mu\text{mol/l}$. **Settembre 2012**.

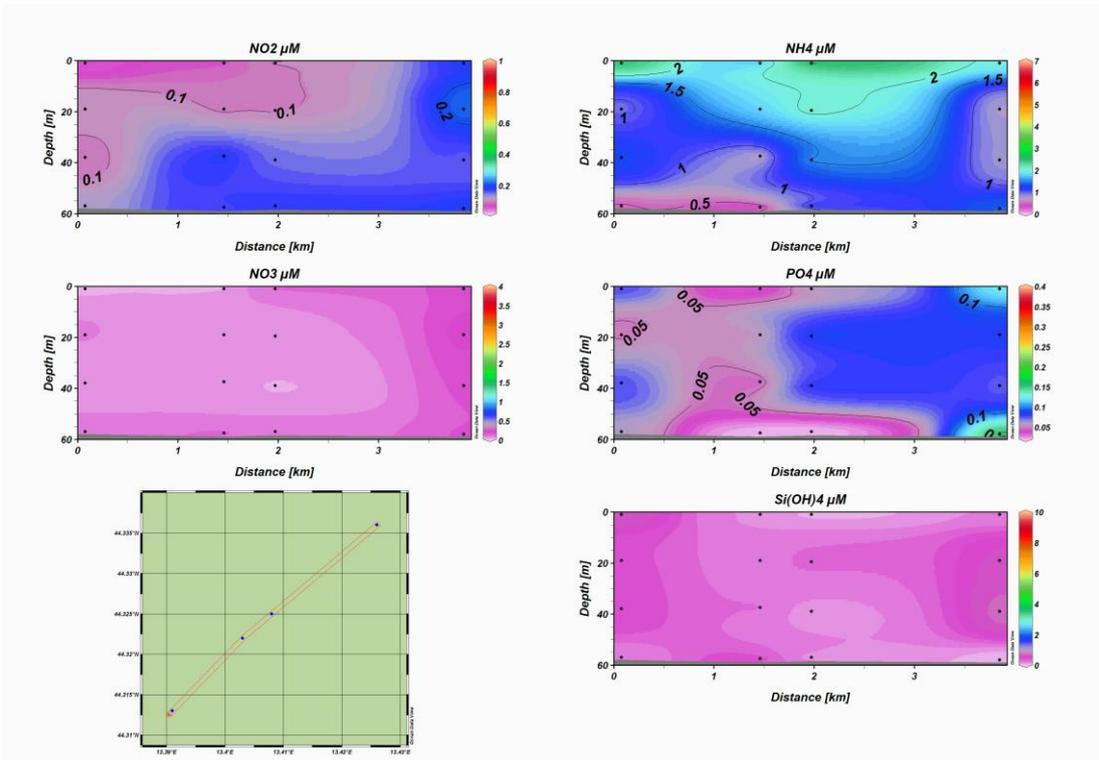


Fig. 3.7a - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03 e AMB07, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammonio (NH_3) espressi in $\mu\text{mol/l}$. **Dicembre 2012.**

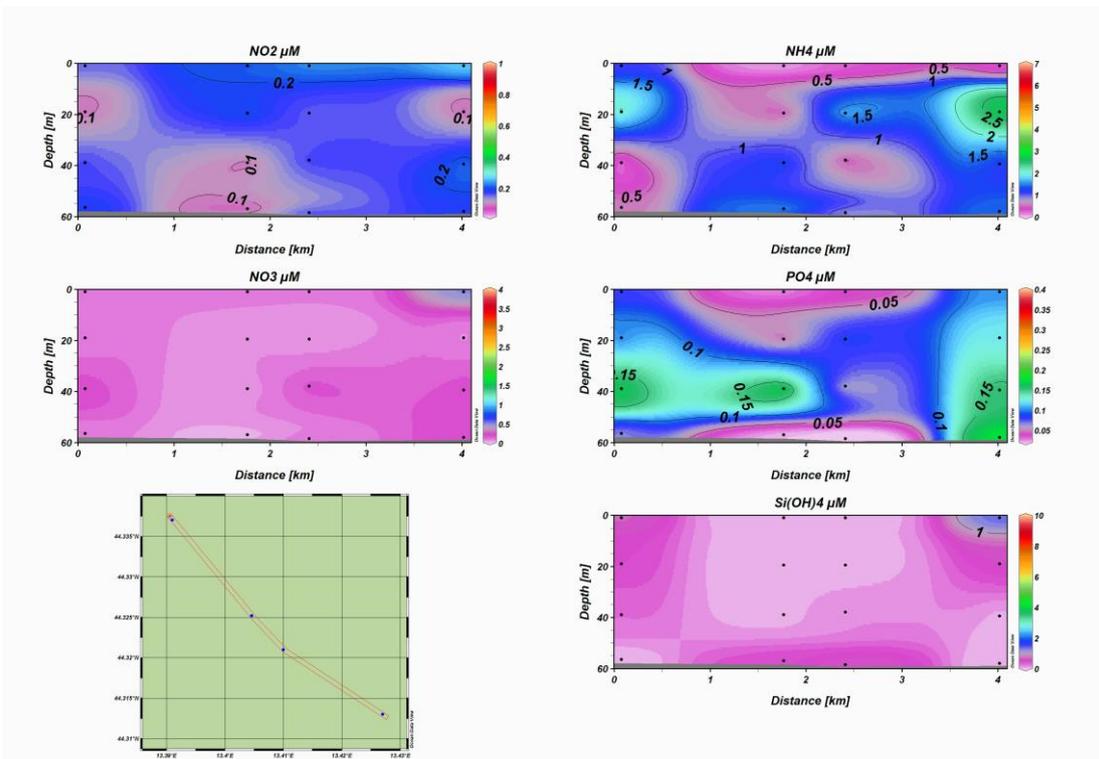


Fig 3.7b - Sezione verticale delle stazioni AMB08, AMB04, AMB02 e AMB06, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4) ortosilicati (Si(OH)_4) e ammonio (NH_3) espressi in $\mu\text{mol/l}$. **Dicembre 2012.**

3.1.4. CLOROFILLE A, B E C

Le clorofille *a*, *b* e *c* misurate mediante HPLC nell'**agosto 2012** (figg. 3.8a e 3.8b) sono risultate molto basse in tutta l'area. La clorofilla *a* ha mostrato concentrazioni quasi sempre comprese tra 5 e 10 ng/l . Il valore massimo di 87,41 ng/l è stato osservato alla quota di 40 m della stazione AMB06. Le concentrazioni della clorofilla *b* sono oscillate tra 5 e 15 ng/l in quasi tutta l'area, mentre quelle della clorofilla *c* sono sempre risultate inferiori a 10 ng/l.

A **settembre** (figg. 3.9a e 3.9b) tutte le clorofille hanno continuato a essere scarse, mostrandosi generalmente poco più elevate negli strati di fondo. La massima concentrazione di clorofilla *a* è stata rilevata sul fondo della stazione AMB01 (140,20 ng/l). I valori più bassi, compresi tra 5 e 10 ng/l, si sono osservati in più stazioni. Il massimo di clorofilla *b* (13,49 ng/l) è stato registrato alla quota di fondo della stazione AMB08, mentre la maggior parte delle stazioni sono state caratterizzate da valori inferiori a 5 ng/l. La concentrazione maggiore di clorofilla *c* (49,88 ng/l) è stata rilevata alla quota di 40 m nella stazione AMB05 e quelle minori, inferiori a 5 ng/l, in più stazioni.

A **dicembre** (figg. 3.10a e 3.10b) la clorofilla *a* è oscillata tra un minimo di 0,1 ng/l (in più stazioni) e un massimo di 126,10 ng/l alla quota di 20 m della stazione AMB04. Le clorofille *b* e *c* hanno presentato valori tra 0,1 e 5 ng/l in tutta la colonna d'acqua.

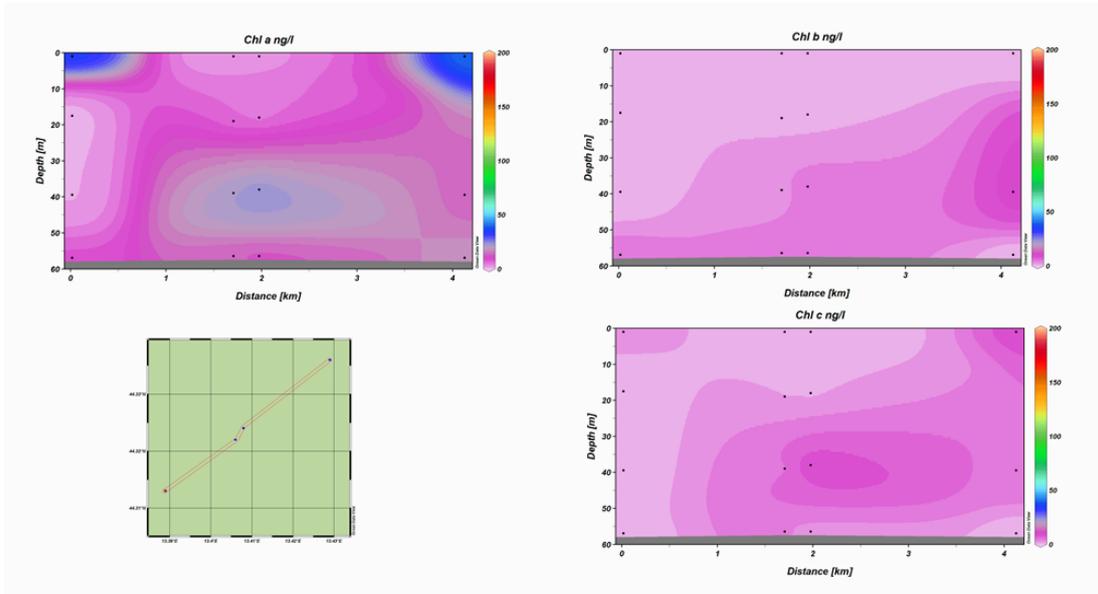


Fig. 3.8a - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03 e AMB07, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. Agosto 2012.

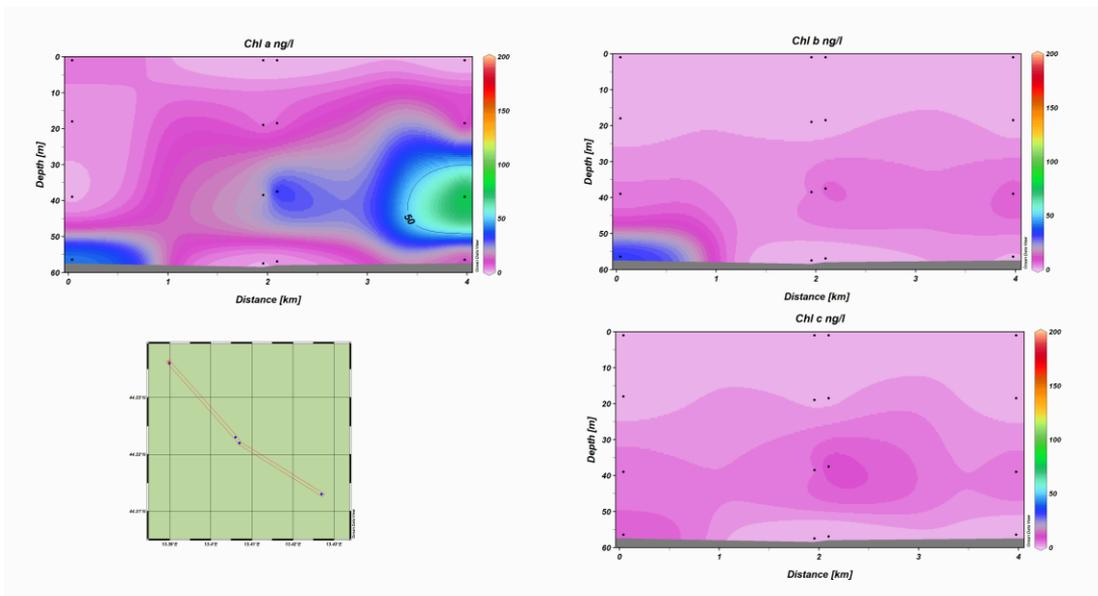


Fig. 3.8b - Sezione verticale delle stazioni AMB08, AMB04, AMB02 e AMB06, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. Agosto 2012.

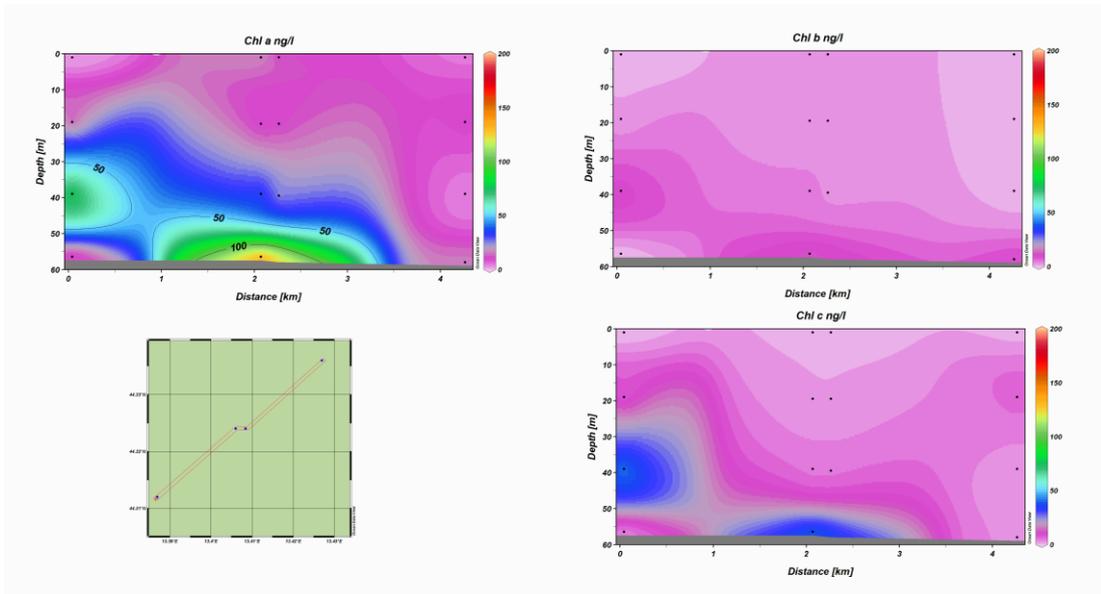


Fig. 3.9a - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03 e AMB07, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. Settembre 2012.

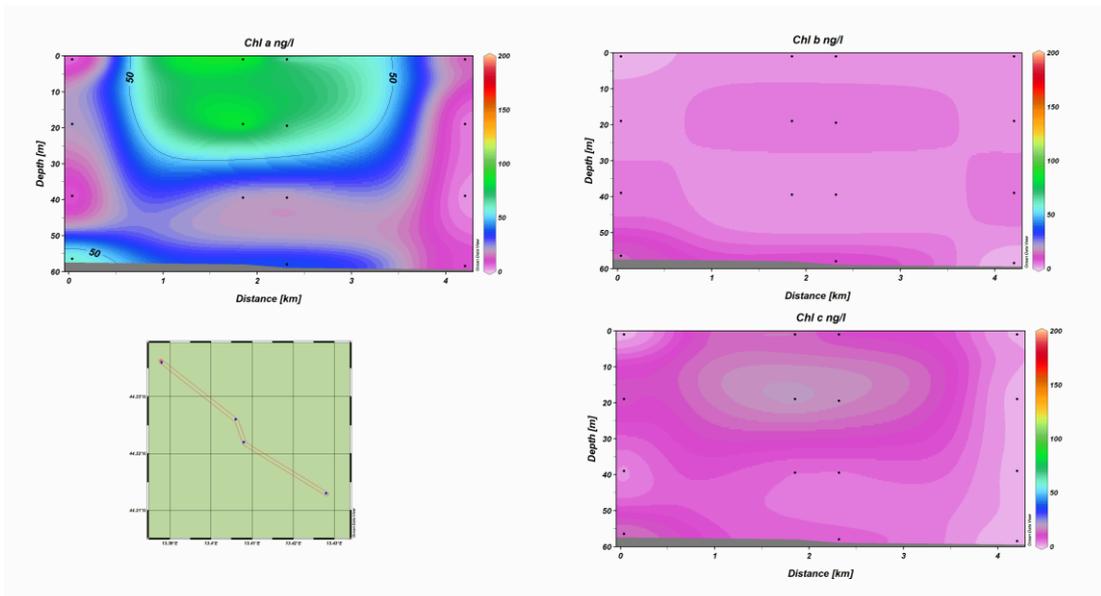


Fig. 3.9b - Sezione verticale delle stazioni AMB08, AMB04, AMB02 e AMB06, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. Settembre 2012.

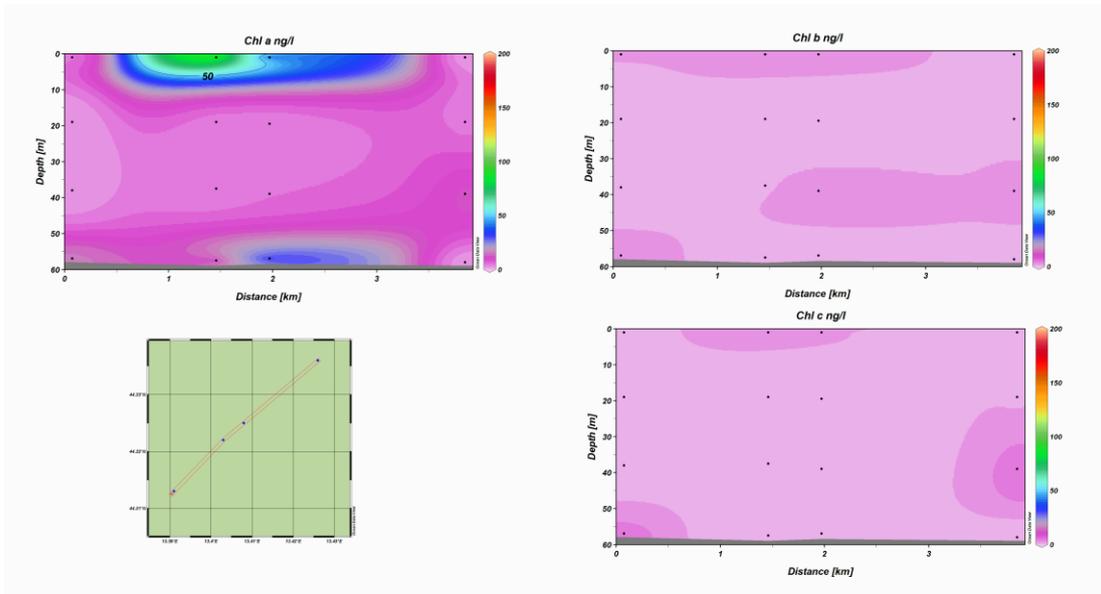


Fig. 3.10a - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03 e AMB07, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. Dicembre 2012.

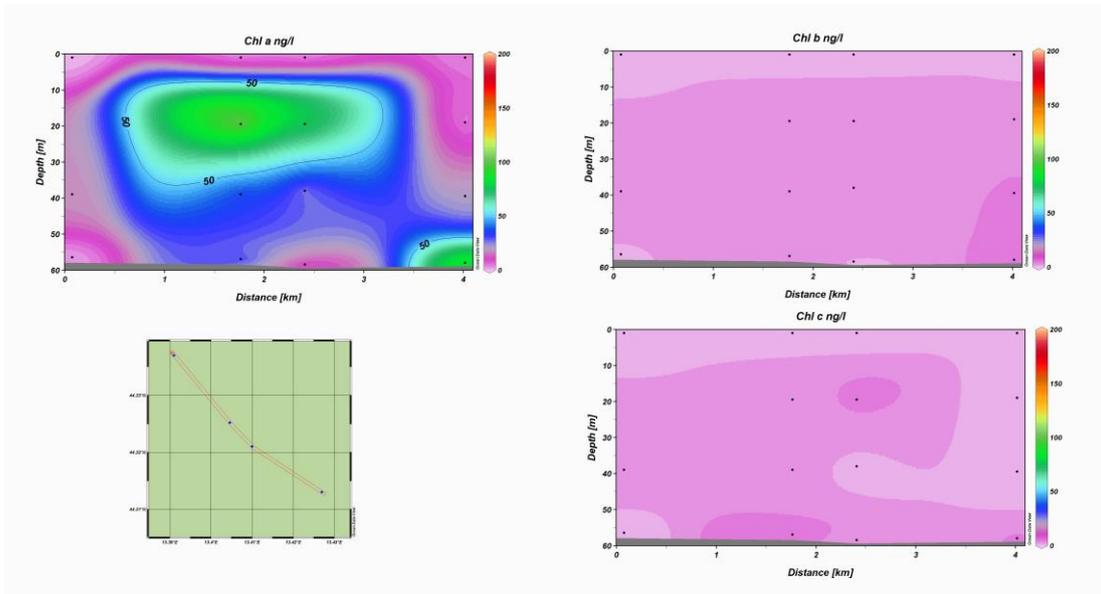


Fig. 3.10b - Sezione verticale delle stazioni AMB08, AMB04, AMB02 e AMB06, da sinistra a destra, rappresentante le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. Dicembre 2012.

3.1.5. PARTICELLATO SOSPESO IN MARE

Le misure di particolato sospeso in mare (TSM) hanno evidenziato in tutte le tre crociere concentrazioni piuttosto costanti in tutta l'area indagata, oscillando tra 2 e 4 mg/l (figg. 3.11-3.13). Solo a settembre sono stati rilevati valori lievemente maggiori nei pressi della piattaforma (media di $2,6 \pm 0,2$ mg/l) rispetto alle stazioni più lontane ($2,3 \pm 0,1$ mg/l).

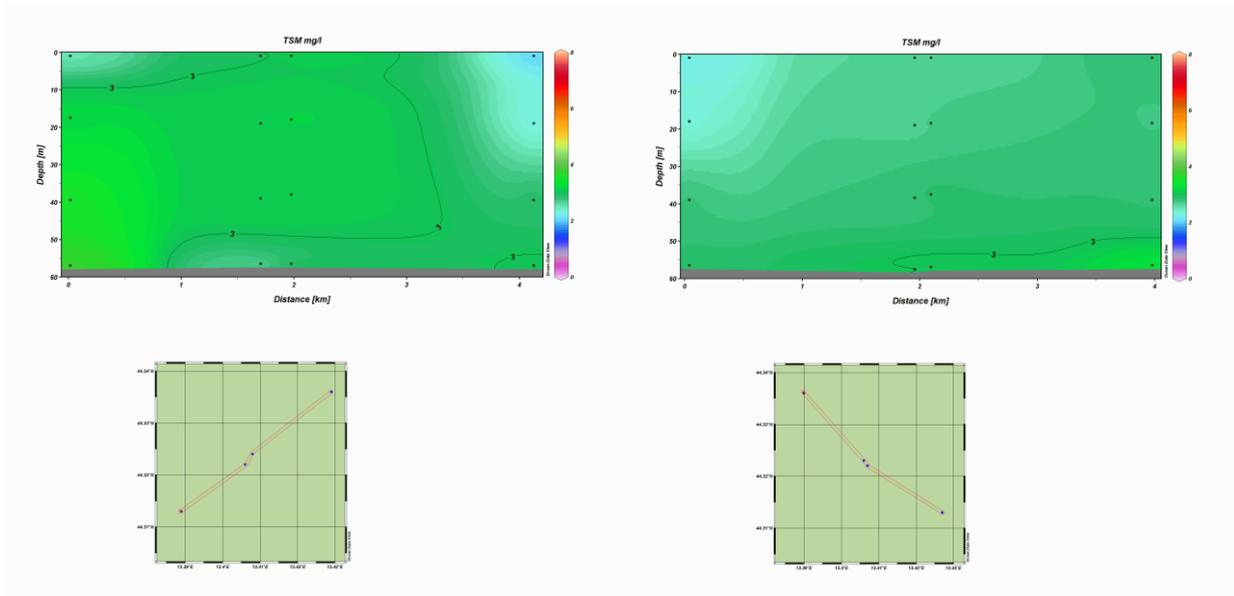


Fig. 3.11 - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03, AMB07, a sinistra, e AMB08, AMB04, AMB02, AMB06, a destra, rappresentante le concentrazioni di solidi sospesi espresse in mg l^{-1} . Agosto 2012.

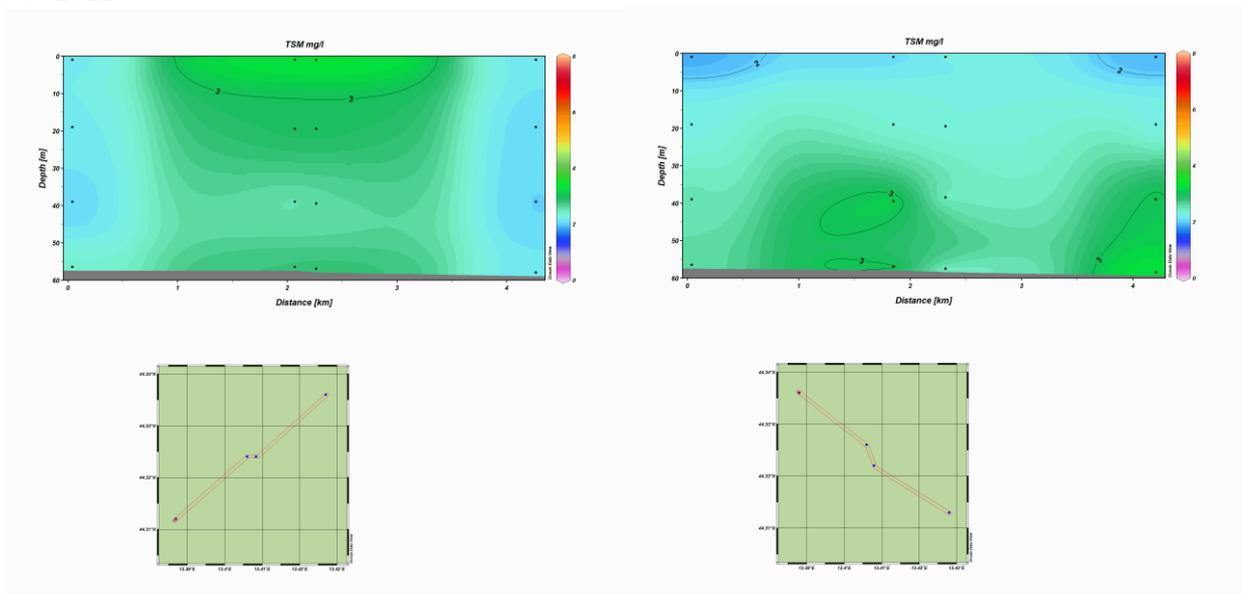


Fig. 3.12 - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03, AMB07, a sinistra, e AMB08, AMB04, AMB02, AMB06, a destra, rappresentante le concentrazioni di solidi sospesi espresse in mg l^{-1} . Settembre 2012.

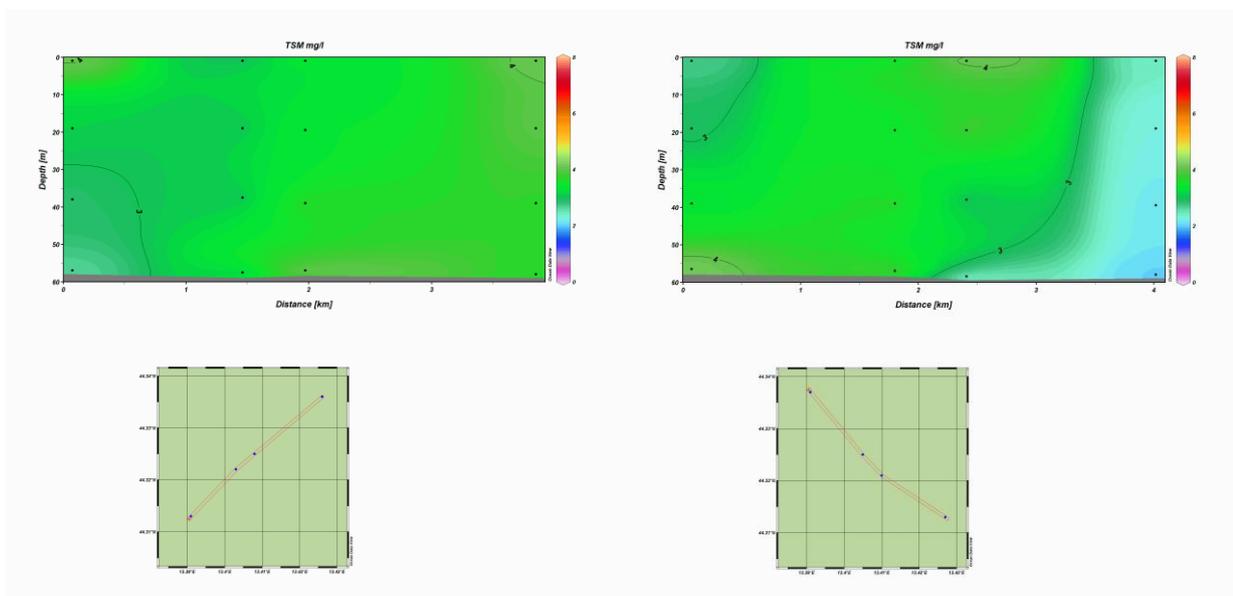


Fig. 3.13 - Sezione verticale delle stazioni AMB05, AMB01, AMB03, AMB07, a sinistra, e AMB08, AMB04, AMB02, AMB06, a destra, rappresentante le concentrazioni di solidi sospesi espresse in mg l^{-1} . Dicembre 2012.

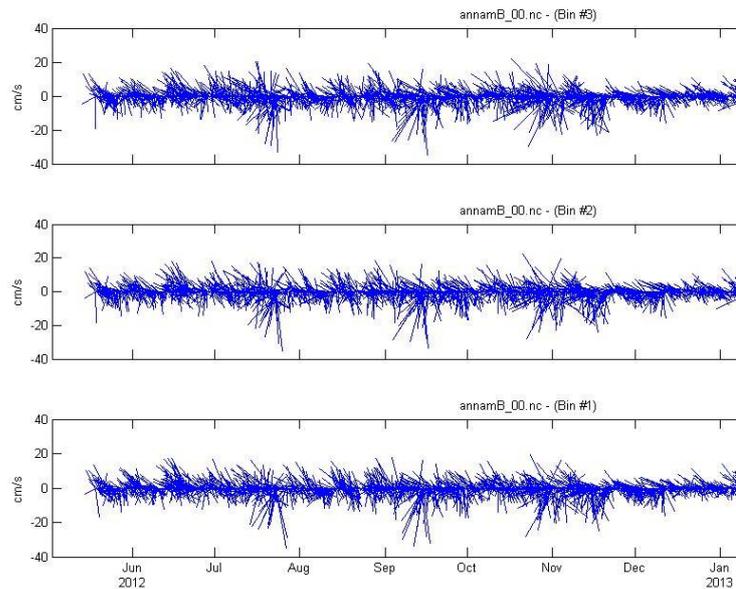
3.1.6. MISURE CORRENTOMETRICHE

Durante il periodo preso in considerazione le correnti sono risultate sostanzialmente di direzione costante e provenienti dal terzo quadrante (fig. 3.14). La direzione prevalente è infatti risultata SW, anche se nei primi tre bin (-51 m, -49 m, -47 m) è stata notata una rotazione e una direzione prevalente da NW. L'intensità della corrente è apparsa abbastanza costante e di modesta intensità, essendo il valore medio pari a circa 13 cm/s verso il fondo e di 20 cm/s verso la superficie.

Tra luglio e novembre sono stati osservati dei brevi periodi caratterizzati da un aumento della velocità su tutta la colonna d'acqua.

Fondo

Bin1(-51 m) - Bin2(-49 m) - Bin3(-47 m)



Superficie

Bin22(-9 m) - Bin23(-7 m)

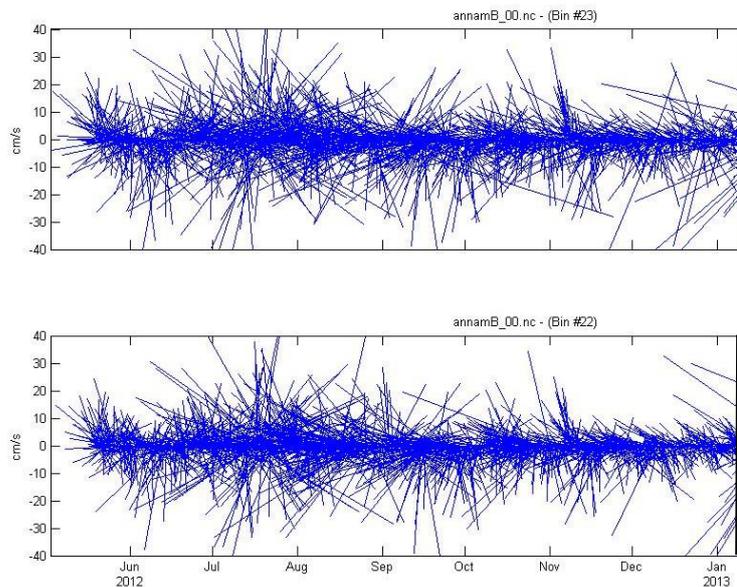


Fig. 3.14 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) registrate a diverse quote dall'ADCP da giugno a dicembre 2012.

La temperatura misurata dall'ADCP in prossimità del fondo (fig. 3.15) ha presentato un andamento crescente da maggio a novembre 2012, passando da 12,5 a 19,2°, e una graduale decrescita fino a fine periodo quando sono stati raggiunti circa 14,5°C.

Temperatura (54 metri)

dal 18 maggio 2012 al 31 dicembre 2012

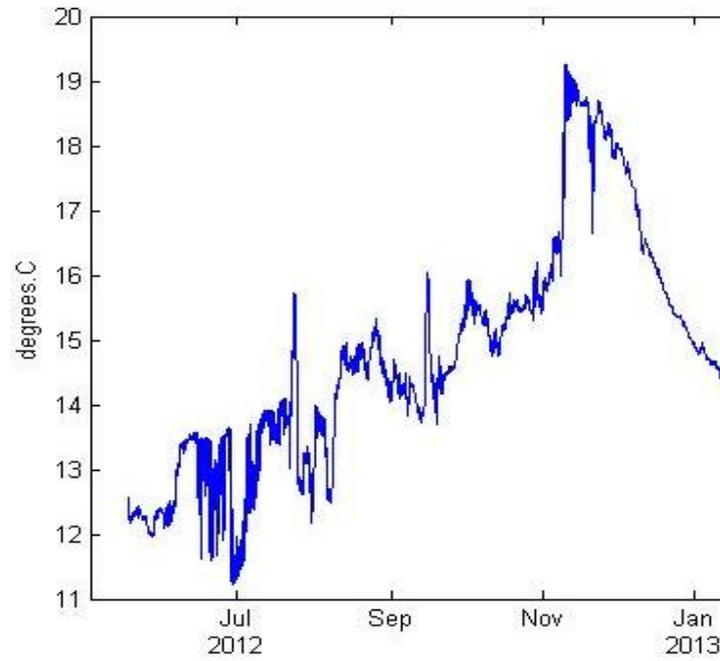


Fig. 3.15 - Andamento della temperatura registrata dal sensore dell'ADCP a 54 m di profondità da maggio a dicembre 2012.

3.2. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.2.1. GRANULOMETRIA

I sedimenti campionati nell'estate 2012, ad eccezione di quelli strettamente adiacenti alla piattaforma Annamaria B, si presentavano di colore grigio con un sottile strato ossidato e caratterizzati da abbondante biodetrito conchifero (fig. 3.16).

In corrispondenza di AM SE e AM SW, invece, il sedimento appariva rimaneggiato in maniera non naturale, con una notevole quantità di resti conchigliari nello strato superficiale (soprattutto AM SE) affiancati da evidenti resti dei fanghi di perforazione.



Fig. 3.16 - Campioni di sedimento prelevati nell'estate 2012 presso un sito posto a 250 m dalla piattaforma (A8) un controllo (K3), e in due stazioni situate corrispondenza della struttura (AM SW e AM SE).

Tutti i campioni sono apparsi prevalentemente sabbiosi, analogamente a quanto stato osservato nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2016).

L'analisi granulometrica ha evidenziato un'elevata omogeneità tra i sedimenti campionati (fig. 3.16; Tab. 3-I), tutti caratterizzati dalla dominanza della frazione sabbiosa (prevalentemente sabbia fine e finissima) e classificabili come sabbia (classificazione di Shepard; All. B). Questa frazione ha infatti sempre rappresentato la maggior parte del campione in tutti i siti. La percentuale più bassa (77,92%) è stata registrata sotto la piattaforma estrattiva (AM SE) dove, pertanto, le componenti limose e argillose sono risultate maggiori (rispettivamente 13,99% e 8,09%) rispetto a tutte le altre stazioni. La più alta percentuale di sabbia è stata invece osservata in B6 (82,28%), dove è stato anche rilevato il minor contenuto di silt e argilla.

Le differenze delle varie frazioni granulometriche tra siti dei transetti e controlli sono risultate estremamente modeste e relazionabili alla naturale variabilità dell'area.

Anche rispetto al survey condotto nell'inverno 2012 (Fabi *et al.*, 2016) non ci sono variazioni degne di nota essendo tutte al di sotto di 2 punti percentuale.

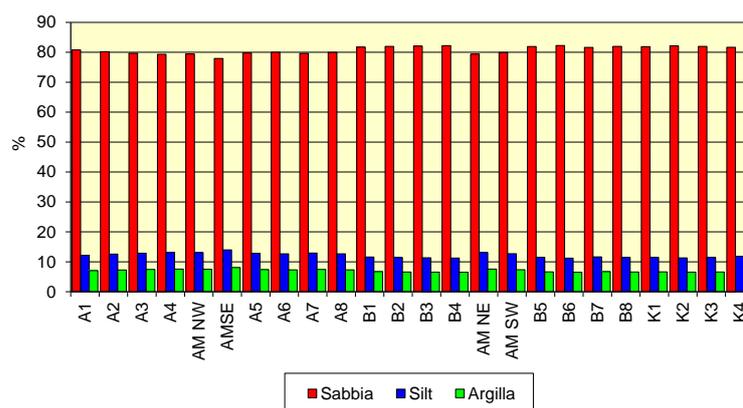


Fig. 3.16 - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nell'estate 2012.

Tab. 3-I - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nel V survey effettuato dopo i lavori di installazione della piattaforma (estate 2012). I siti in corrispondenza della piattaforma sono evidenziati in rosso.

	Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla
A1	80,79	12,17	7,04
A2	80,18	12,56	7,26
A3	79,69	12,87	7,44
A4	79,33	13,10	7,57
AM NW	79,45	13,02	7,53
AM SE	77,92	13,99	8,09
A5	79,75	12,83	7,42
A6	80,03	12,65	7,32
A7	79,64	12,90	7,46
A8	79,99	12,68	7,33
B1	81,72	11,58	6,70
B2	81,99	11,41	6,60
B3	82,07	11,36	6,57
B4	82,22	11,27	6,51
AM NE	79,37	13,07	7,56
AM SW	79,92	12,72	7,36
B5	81,91	11,46	6,63
B6	82,28	11,23	6,49
B7	81,65	11,63	6,72
B8	81,98	11,42	6,60
K1	81,87	11,49	6,64
K2	82,13	11,32	6,55
K3	81,99	11,41	6,60
K4	81,68	11,76	6,56

3.2.2. IPA

Questi composti sono stati rilevati in concentrazioni molto modeste nell'estate 2012 (fig. 3.17; Tab. 3.II). Essi inoltre sono risultati presenti in maniera sporadica e nessun composto è stato rilevato in tutte le stazioni. Inoltre, i siti A3, AM NW, A6 e A7 sono risultati privi di questi contaminanti.

Fenantrene e Benzo(b)fluorantene sono risultati i composti più diffusi, essendo stati rinvenuti rispettivamente in 18 e 17 siti su 24.

Abbastanza diffusi apparsi anche Fluorantene ed Naftalene rilevati in 15 stazioni. Acenaftene, Dibenzo(a,h)antracene, Antracene, Dibenzo(a,h)pirene non sono stati osservati in alcuna stazione.

B3 rappresenta la stazione in cui questi composti sono risultati maggiormente presenti, come si evince anche dagli IPA totali che hanno esibito il massimo stagionale proprio in questa stazione (0,170 mg/kg). Se si fa eccezione per questo sito, i tenori osservati nell'estate 2012 sono risultati inferiori a quelli del pre-survey (Fabi *et al.*, 2016). E' inoltre

da sottolineare che in estate 2012 sia i singoli composti, sia gli IPA totali sono risultati notevolmente al di sotto degli LCB indicati da ICRAM e APAT (2007).

Dai valori rilevati nell'ultimo survey risulta che l'area indagata, inclusi i siti di controllo, è andata incontro a una riduzione di IPA.

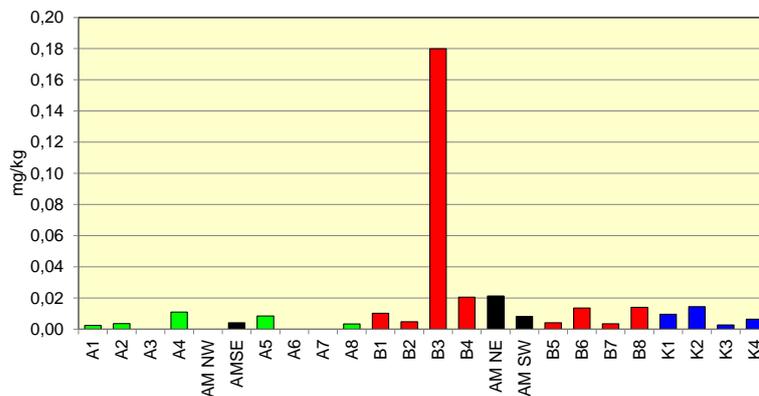


Fig. 3.17 - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici totali nei sedimenti prelevati nell'estate 2012.

Tab. 3-II - Concentrazione (mg kg⁻¹ s.s) degli Idrocarburi Policiclici Aromatici totali nei sedimenti prelevati nell'estate 2012. Le stazioni di campionamento poste in corrispondenza della piattaforma Annamaria B sono evidenziate in rosso. Le celle vuote indicano l'assenza del composto. Ove disponibili sono riportati gli LCB indicati nel Manuale ICRAM-APAT (2007).

	LCB	A1	A2	A3	A4	AMNW	AMSE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AMNE	AMSW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene	0,007																								
Acenaftilene														0,001											
Antracene	0,047																								
Benzo (a) antracene	0,075													0,011	0,002										
Benzo (a) pirene	0,080													0,019	0,001	0,002									
Benzo (b) fluorantene		0,001	0,001		0,002			0,001			0,001	0,002	0,001	0,024	0,002	0,003	0,002			0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
Benzo (g, h,i) perilene														0,011		0,002					0,001		0,001		
Benzo (k) fluorantene														0,013	0,001	0,002					0,001		0,001		
Crisene	0,108				0,001							0,002		0,020	0,003	0,003					0,001	0,003	0,001		
Fenantrene	0,087	0,001	0,001		0,002		0,002	0,001				0,002	0,001	0,011	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002		0,001
Fluorantene	0,113				0,002			0,002			0,001	0,002	0,001	0,032	0,005	0,003	0,001	0,001	0,005		0,002	0,001	0,001		0,001
Fluorene	0,021													0,001											
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene					0,001							0,001		0,011		0,002	0,001				0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Naftalene	0,035		0,001		0,002		0,002	0,001			0,001	0,001	0,001			0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001		0,003		0,001
Pirene	0,153				0,002			0,002				0,001		0,024	0,004	0,003	0,001		0,003		0,002	0,002	0,001		
Dibenzo (a, h) antracene	0,006																								
Dibenzo (a,e) pirene														0,002											
Dibenzo (a,h) pirene																									
IPA Totali	0,900	0,002	0,004		0,011		0,004	0,008			0,003	0,010	0,005	0,180	0,021	0,021	0,008	0,004	0,014	0,003	0,014	0,010	0,014	0,003	0,006

3.2.3. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'estate 2012 sono riportati in Tab. 3-III e in fig. 3.18. Nella discussione che segue vengono riportati gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) indicati nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio, mercurio, piombo, nichel, arsenico e cromo, unici metalli per i quali sono disponibili.

Alluminio – Le concentrazioni di alluminio determinate nell'estate 2012 sono risultate in tutte le stazioni simili tra loro e modeste, variando tra 0,36% (AM NW e AM NE) e 0,58% (A1 e K4). Infatti i tenori medi (\pm dev.st.) registrati lungo i transetti (A: $0,47\pm 0,05\%$; B: $0,44\pm 0,06\%$) sono risultati paragonabili alla media dei controlli ($0,55\pm 0,03$) e la media dei siti AM è risultata addirittura inferiore ($0,39\pm 0,04\%$). Sebbene le differenze tra le stazioni siano estremamente modeste, è apparsa evidente una tendenza al decremento diminuendo la distanza da Annamaria B. In ogni caso, le concentrazioni rilevate sono risultate inferiori o paragonabili a quelle del pre-survey (Fabi *et al.*, 2016).

Per tutta la durata del monitoraggio l'alluminio ha conservato tenori modesti che, tranne poche eccezioni, non hanno superato l'1% (Fabi *et al.*, 2016). Complessivamente i dati sinora acquisiti consentono di affermare che le oscillazioni delle concentrazioni di questo metallo risultano indipendenti dalla presenza di Annamaria B e dalle attività ad essa connesse.

Arsenico – Le concentrazioni di arsenico determinate nell'estate 2012 sono risultate modeste lungo entrambi i transetti e nei siti AM e mediamente paragonabili ai controlli (A: $4,03\pm 0,96$; B: $4,28\pm 0,85$; AM: $6,81\pm 2,14$; K: $6,90\pm 1,84$ mg/kg). Il massimo rilevato in AM SE ($9,56$ mg/kg), sebbene evidentemente maggiore rispetto ai tenori registrati nei siti A e B, è risultato solo modestamente più elevato rispetto ai controlli K3 e K4.

Nell'intero periodo di indagine le concentrazioni dell'arsenico hanno mostrato variazioni modeste nella maggior parte dei siti A e B, conservando nel tempo valori simili ai controlli. Tale considerazione è valida, complessivamente, anche per le stazioni AM. Tuttavia, sia lungo i transetti che nei siti AM e ai controlli non sono mancati segnali di alterazione (Fabi *et al.*, 2016). Nell'estate 2012 la situazione è apparsa simile a quella dell'inverno precedente, con valori leggermente alterati in prossimità di Annamaria B e con un generale incremento che ha interessato anche i controlli K1, K2 e K3.

Rimane come dato generale che, rispetto al pre-survey, questo metallo risulta complessivamente incrementato sia nell'area della piattaforma che ai controlli. Comunque,

le concentrazioni rilevate nell'intero periodo di indagine sono risultate inferiori allo Standard di Qualità Ambientale (SQA) dei sedimenti riportato nella Tab. 3/B del DM 2015/172 (12 mg/kg s.s.).

Bario – Le concentrazioni di bario registrate nell'estate 2012 sono apparse variabili tra i siti investigati e tendenzialmente più elevate lungo il transetto A rispetto B, anche se mediamente non si rilevano differenze (A: $150,50 \pm 120,27$; B: $100,74 \pm 72,51$ mg/kg) proprio a causa dell'elevata variabilità tra le singole stazioni che le ha rese mediamente paragonabili anche con i siti AM ($193,87 \pm 72,38$ mg/kg). Solo i siti posti a 120-250 m di distanza dalla piattaforma esclusi quelli a SE sono apparsi paragonabili ai controlli. Il valore maggiore è stato registrato in corrispondenza della stazione A7 (378,4 mg/kg), pari a oltre 11 volte la media dei controlli ($31,8 \pm 8,6$ mg/kg). Valori leggermente inferiori, ma comunque elevati, sono stati osservati anche in AM NW e A5 e, a seguire in B4, AM NE e B5. Queste anomalie indicano la presenza di segnali di alterazione ancora dopo tre anni dall'installazione di Annamaria B, sebbene inferiori a quelli registrati precedentemente a partire dalle fasi di installazione e perforazione dei pozzi (Fabi *et al.*, 2016). Infatti le concentrazioni rilevate lungo i transetti e nei siti AM sono risultate ancora notevolmente maggiori rispetto a quelle del pre-survey. Ai controlli, invece, i tenori dell'estate 2012 sono apparsi solo lievemente superiori a quelli del pre-survey.

Cromo – Le concentrazioni di cromo registrate nell'estate 2012 sono risultate mediamente omogenee tra transetti e controlli (A: $21,45 \pm 1,69$; B: $20,46 \pm 1,95$; K: $23,87 \pm 1,55$ mg/kg) e leggermente inferiori nei siti AM ($18,85 \pm 1,00$ mg/kg) rispetto ai controlli. Nonostante le lievi oscillazioni tra un sito e l'altro, come nel caso dell'alluminio appare evidente una tendenza al decremento dai siti più lontani dalla piattaforma a quelli più vicini.

I tenori sono inoltre risultati confrontabili a quelli registrati nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2016), confermando che l'effetto di Annamaria B su questo metallo è occasionale essendo pochissimi nel tempo i casi in cui le concentrazioni sono risultate sensibilmente più elevate rispetto alla fase antecedente i lavori di posa in opera. Comunque, le concentrazioni sinora rilevate sono apparse inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/B del DM 250/2015 (50 mg/kg).

Rame – Nell'estate 2012 sono state rilevate concentrazioni molto basse di rame in tutte le stazioni. I valori più elevati sono stati osservati in corrispondenza della piattaforma (eccetto AM NW) e in A5, dove comunque non sono stati raggiunti i 10 mg/kg.

I transetti non hanno presentato differenze rispetto ai controlli (A: 3,00±1,07; B: 2,51±0,37; K: 2,70±0,20 mg/kg).

Per tutta la durata dello studio le concentrazioni di rame sono risultate modeste e piuttosto costanti nel tempo, sebbene a partire dal primo monitoraggio condotto durante le operazioni di posa in opera della struttura sino all'inverno 2012 nei siti della piattaforma e/o quelli entro 60-120 m in direzione SE non siano mancati dei picchi anomali (attorno a 18 mg/kg) rispetto alle altre stazioni (Fabi *et al.*, 2016). Le anomalie rilevate nell'ultimo survey sono apparse decisamente minori rispetto alle precedenti, suggerendo che l'effetto di Annamaria B sul rame è modesto e complessivamente limitato all'area nelle sue immediate vicinanze, anche in considerazione del fatto che lungo i transetti e ai controlli sono stati registrati valori addirittura inferiori a quelli del pre-survey.

Tab. 3-III - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al espresso in %) dei metalli in tracce nei sedimenti prelevati nel 5° survey post lavori di installazione (estate 2012). In rosso i siti corrispondenti ad Annamaria B. LOQ = concentrazione del metallo al di sotto del limite di rilevabilità del metodo.

	Al	As	Ba	Cr	Cu	Cd	Hg	Ni	Pb	V	Zn
A1	0,575	3,10	49,22	24,67	2,42	0,0273	<LOQ	11,86	5,07	17,07	26,24
A2	0,476	3,95	49,84	21,69	2,71	0,0265	0,0112	11,26	4,47	15,19	23,76
A3	0,414	2,76	84,40	21,14	1,90	0,0276	<LOQ	11,21	3,30	13,15	25,38
A4	0,501	3,40	118,32	22,30	3,00	0,0376	<LOQ	11,21	4,05	16,08	28,69
AM NW	0,359	4,94	286,83	18,13	1,78	0,0348	<LOQ	8,46	5,20	12,32	31,21
AM SE	0,387	9,56	134,22	17,86	6,27	0,0292	<LOQ	12,79	4,79	16,30	30,44
A5	0,449	4,37	294,42	19,63	5,50	0,0266	<LOQ	10,43	8,17	15,13	51,62
A6	0,427	4,71	125,31	19,15	2,74	0,0259	<LOQ	8,88	26,47	15,10	23,73
A7	0,444	4,23	378,42	21,22	2,89	0,0238	<LOQ	10,44	5,84	15,08	27,08
A8	0,490	5,75	104,03	21,78	2,83	0,0229	<LOQ	10,14	5,60	17,53	24,99
B1	0,563	3,90	38,58	24,50	2,47	0,0265	<LOQ	11,35	4,41	16,91	23,19
B2	0,470	3,54	32,69	20,88	2,55	0,0247	<LOQ	10,30	4,28	15,63	22,49
B3	0,395	3,74	68,38	19,12	2,20	0,0258	<LOQ	8,89	4,40	14,02	28,12
B4	0,442	3,41	220,56	21,56	2,24	0,0258	<LOQ	10,28	4,95	13,92	27,10
AM NE	0,355	7,42	215,70	19,82	6,96	0,0301	<LOQ	9,47	9,41	13,93	34,32
AM SW	0,447	5,31	138,73	19,59	8,47	0,0352	<LOQ	8,94	9,67	13,62	34,82
B5	0,378	3,84	203,08	18,36	3,22	0,0305	<LOQ	8,79	7,55	12,99	32,44
B6	0,391	4,98	109,00	20,16	2,17	0,0237	<LOQ	9,78	4,56	12,91	24,71
B7	0,408	5,57	72,32	18,87	2,36	0,0224	<LOQ	8,95	5,73	14,20	19,85
B8	0,449	5,25	61,29	20,24	2,88	0,0215	0,0102	10,18	5,15	15,35	22,24
K1	0,510	5,30	36,56	22,41	2,41	0,0285	<LOQ	10,51	5,49	16,36	20,98
K2	0,569	5,31	23,26	22,66	2,76	0,0275	<LOQ	12,18	6,31	17,52	24,52
K3	0,533	8,44	41,50	25,02	2,88	0,0242	0,0105	11,70	6,19	18,87	23,37
K4	0,575	8,53	25,98	25,38	2,75	0,0293	0,0107	10,58	6,31	19,91	23,18

Cadmio – Nell'estate 2012 il tenore medio di questo metallo è risultato diffusamente modesto e comparabile tra i vari gruppi di siti (A: $0,027\pm 0,004$; B: $0,025\pm 0,003$; AM: $0,032\pm 0,003$; K: $0,027\pm 0,002$ mg/kg).

Il cadmio ha esibito un modesto incremento in prossimità della struttura con il massimo in A4 ($0,0376$ mg/kg). Tutti i valori incluso quest'ultimo sono comunque risultati inferiori a quelli del pre-survey, situazione riscontrata per tutta la durata dell'indagine ad eccezione di AM SE nel 2° survey durante i lavori di installazione e di A5 nell'estate 2011 (3° survey post lavori; Fabi *et al.*, 2016). Quanto osservato sinora suggerisce l'assenza di una qualche influenza da parte di Annamaria B sulla distribuzione del cadmio, poiché le variazioni osservate rispecchiano la naturale dinamica dei sedimenti. Inoltre, per tutto il periodo le concentrazioni sono risultate ampiamente inferiori rispetto all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 ($0,3$ mg/kg s.s.).

Mercurio – Le concentrazioni di questo metallo sono risultate al di sotto del limite di quantificazione o prossime ad esso in tutte le stazioni, testimoniando l'assenza di contaminazione.

Durante tutto il periodo del monitoraggio il mercurio ha esibito tenori piuttosto modesti e confrontabili con quelli del pre-survey, risultando in alcuni casi non quantificabili (Fabi *et al.*, 2016). L'unico segnale di alterazione era stato osservato nell'estate 2010 (1° survey post lavori di installazione) in corrispondenza della stazione AM SE caratterizzata da un contenuto di mercurio pari a $0,201$ mg/kg. Tale anomalia non può in alcun modo essere testimonianza di una contaminazione dell'area. Complessivamente, pertanto, i dati suggeriscono che questo metallo non risulta influenzato dalla presenza di Annamaria B. Tutti i valori registrati nell'intero periodo di monitoraggio sono risultati inferiori all'SQA ($0,3$ mg/kg s.s.) riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172.

Nichel – Le concentrazioni di nichel determinate nell'estate 2012 sono apparse omogenee e complessivamente modeste (A: $10,68\pm 0,92$; B: $9,82\pm 0,89$; AM: $9,92\pm 1,96$; K: $11,24\pm 0,83$ mg/kg). Sono inoltre risultate inferiori o confrontabili con quelle registrate prima dell'istallazione di Annamaria B (Fabi *et al.*, 2016).

Tali risultati sono in accordo con le precedenti osservazioni. Infatti, per tutta la durata dello studio questo metallo ha esibito concentrazioni basse e inferiori o a quelle del pre-survey, seppure con qualche eccezione riguardante i siti AM SE (3° survey durante lavori e 1° survey post lavori) e A5 (1° e 3° survey post lavori).

Complessivamente, pertanto, i dati acquisiti suggeriscono che l'effetto della piattaforma sul

nicel si può considerare trascurabile. Le concentrazioni sinora rilevate sono risultate ampiamente inferiori all'SQA riportato nelle Tab. 2/A del DM 56/2009 e del DM 260/2010 (30 mg/kg s.s.).

Piombo – Le concentrazioni di piombo rilevate nell'estate 2012 sono apparse omogenee tra siti e complessivamente modeste, tutte comparabili a quelle registrate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2016). L'unica eccezione è rappresentata dal sito A6 dove è stato raggiunto il massimo stagionale (26,47 mg/kg) che, comunque, è di modesta entità in valore assoluto.

I dati acquisiti nell'intero periodo di indagine hanno evidenziato un tenore di piombo piuttosto modesto e variazioni pressoché trascurabili (Fabi *et al.*, 2016). Un sensibile e unico picco positivo, mai più rinvenuto era stato osservato nell'estate 2010 (1° survey post lavori) in AM SE dove la concentrazione di piombo (173,79 mg/kg) risultava pari a oltre 30 volte la media dei riferimenti. Complessivamente, pertanto, i dati escludono un effetto di Annamaria B sulla dinamica di questo metallo. Tutte le concentrazioni sinora rilevate eccetto il picco in AM SE nel 1° post lavori sono risultate ampiamente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 (30 mg/kg s.s.).

Vanadio – Le concentrazioni di vanadio rilevate nell'estate 2012 lungo i transetti e nei siti AM sono apparse mediamente inferiori o comparabili a quelle dei controlli (A: 15,54±1,36; B: 14,49±1,38; AM: 14,04±1,66; K: 18,17±1,55 mg/kg). Esse inoltre sono risultate confrontabili a quelle rilevate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2016), a testimonianza che l'area non è stata alterata per quanto concerne questo metallo dall'installazione e presenza di Annamaria B.

Anche i dati dell'intero periodo di indagine suggeriscono che il vanadio ha conservato nel tempo tenori modesti, con piccole variazioni non imputabili alla presenza della piattaforma (Fabi *et al.*, 2016). Anche per questo metallo vi sono tuttavia delle eccezioni, sempre riguardanti i siti AM SE tra la fine dei lavori di installazione e l'inizio della fase di produzione e A5 nel 1° e 3° survey post lavori, dove erano stati registrati dei picchi verosimilmente riconducibili alle attività estrattive.

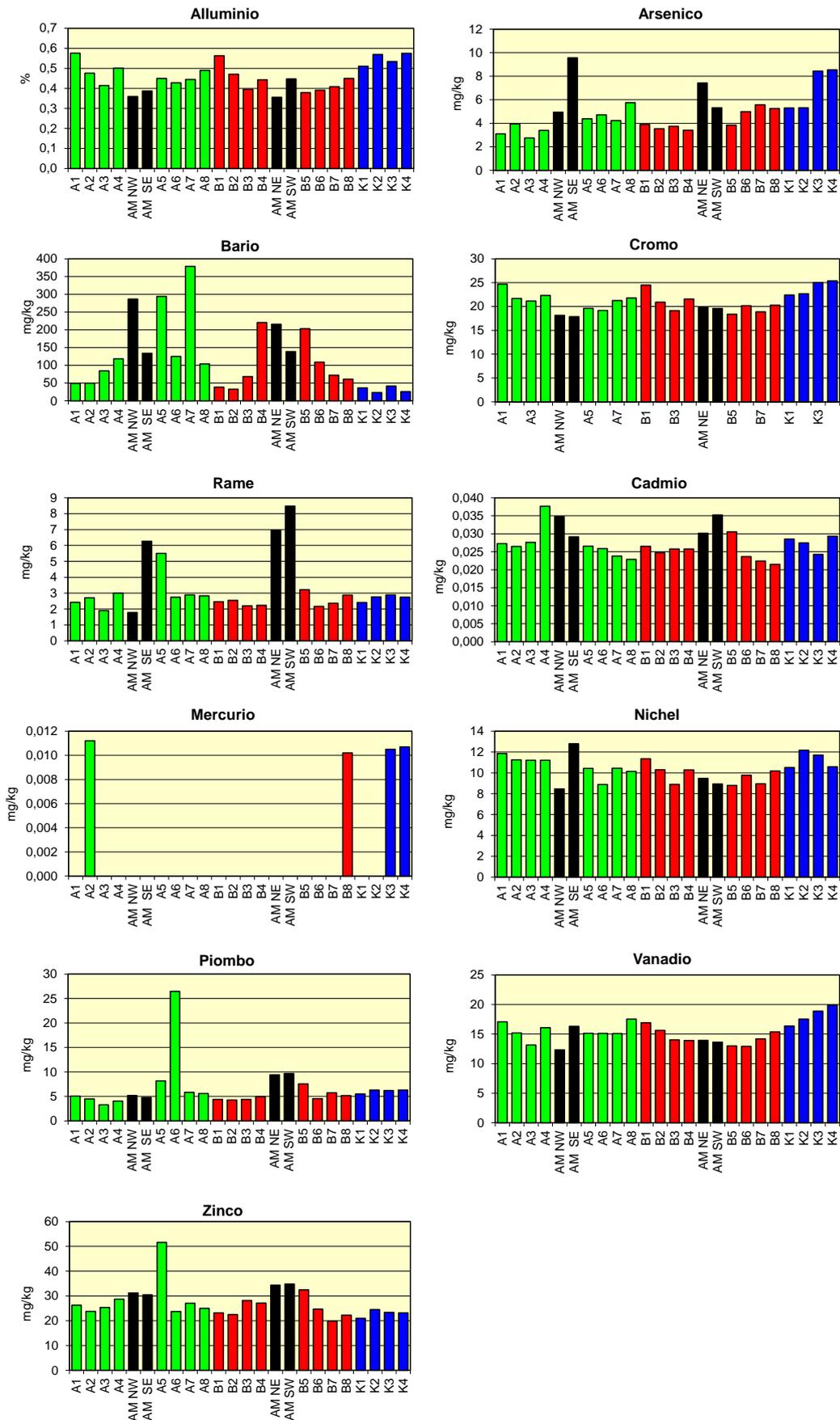


Fig. 3.18 – Concentrazioni (mg/kg s.s., Al espresso in %) dei metalli in tracce nei sedimenti prelevati nell'estate 2012. In nero i siti corrispondenti ad Annamaria B.

Zinco – Le concentrazioni di zinco rilevate lungo i transetti nell'estate 2012 sono risultate modeste ovunque con piccole variazioni tra una stazione e l'altra. Da rilevare però il picco in A5 (51,62 mg/kg), corrispondente a 2,2 volte la media dei controlli (23,01±1,48 mg/kg). Appare anche evidente una lieve tendenza all'aumento in vicinanza della piattaforma; infatti, il valore medio dei siti AM (32,70±2,19 mg/kg) è risultato superiore alla media dei riferimenti.

Nell'intero periodo di osservazione (Fabi *et al.*, 2016) i tenori di zinco lungo i transetti e ai controlli sono sempre stati complessivamente comparabili e modesti; pertanto, anche le oscillazioni osservate sono da considerare trascurabili e inquadrabili nella naturale dinamica dei sedimenti. Tuttavia, come per tutti o quasi tutti i metalli già descritti, anche per lo zinco sono stati rilevati dei picchi in corrispondenza di AM SE e A5, oltre che in AM NE (inverno 2011, 2° survey post lavori) e nel settore NE del transetto B nell'estate 2011. Questi dati avevano indicato la presenza di segnali di disturbo imputabili ad Annamaria B limitati per lo più alle sue immediate vicinanze, e tali segnali appaiono confermati nell'estate 2012. Tuttavia, va sottolineato che questi effetti, oltre che spazialmente limitati, sono in valore assoluto contenuti se confrontati con il pre-survey.

3.2.4. SOSTANZA ORGANICA

Le percentuali di sostanza organica relative all'estate 2012 sono oscillate tra 0,5% (A3) e 1,4% (AM SE e K3; Tab. 3-IV; fig. 3.19). Anche i valori più elevati riscontrati in corrispondenza della piattaforma sono tuttavia comparabili ai controlli K3 e K4 e alle concentrazioni rilevate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2016). Nell'intero periodo di indagine la sostanza organica ha esibito sempre modeste variazioni riconducibili, prevalentemente, alla naturale variabilità ambientale, ma non sono mancati segnali di alterazione.

Tab. 3-IV - Sostanza organica (% s.s.) rilevata nei sedimenti campionati durante l'estate 2012. In rosso i siti in corrispondenza della piattaforma Annamaria B.

A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8
0,80	0,80	0,50	0,90	0,80	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90
B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8
1,00	0,90	0,70	0,70	1,30	1,30	1,00	0,70	0,90	0,90
K1	K2	K3	K4						
1,10	1,20	1,40	1,30						

Il primo era stato osservato nel 3° survey durante lavori (inverno 2010) in corrispondenza della struttura (AM SE), dove era stato rilevato un valore di sostanza organica (7%) 6 volte superiore a quello medio dei riferimenti. Nell'estate successiva (1° survey post lavori) in corrispondenza del medesimo sito e in A5 le concentrazioni erano circa 4 volte rispetto alla mediana dei controlli. I dati dell'inverno 2011 avevano mostrato un ritorno alle condizioni antecedenti l'installazione della piattaforma. I risultati dell'estate 2011, invece, avevano di nuovo evidenziato un leggero stato di alterazione in A5, ancora presente, sebbene in modo più modesto, nell'inverno 2012 (Fabi *et al.*, 2016).

I dati dell'ultimo survey sembrano suggerire la conclusione del processo di recupero.

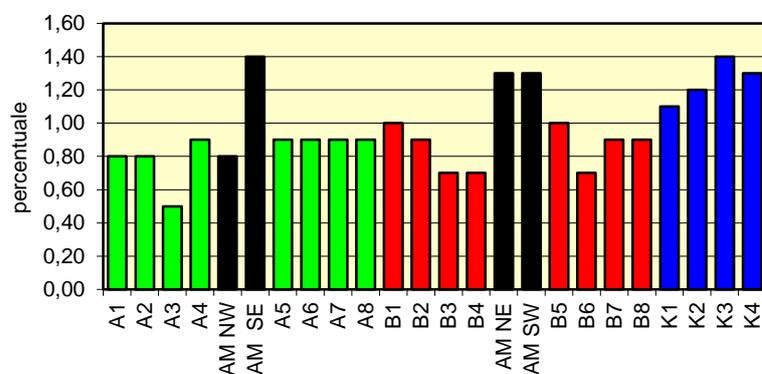


Fig. 3.19 – Sostanza organica (% s.s.) rilevata nei sedimenti campionati nell'estate 2012. In nero i siti in corrispondenza della piattaforma Annamaria B.

3.2.5. SOSTANZE ORGANOSTANICHE

In Tab. 3-V e in fig. 3.20 sono riportati i dati inerenti le concentrazioni dei composti organostannici registrate nell'estate 2012.

Analogamente a quanto osservato sin dall'inverno 2011 (Fabi *et al.*, 2016), i **TBT** sono risultati assenti ovunque.

Per quanto riguarda gli **MBT**, nell'estate 2012 si è verificato un sensibile e diffuso decremento che ha interessato anche i controlli. Complessivamente, i valori sono apparsi confrontabili tra loro, con un minimo in B3 (38 µg/kg) e un massimo in A3 (53 µg/kg).

Sino all'inverno 2011 gli MBT avevano conservato concentrazioni basse, pur esibendo comportamenti diversi tra le stazioni (Fabi *et al.*, 2016). Nell'estate successiva è avvenuto un aumento in tutti i siti inclusi i controlli, mentre nell'inverno 2012 si è assistito a un lieve decremento che non ha interessato solo B3 e K3. Questo trend decrescente è stato confermato, come già detto, nell'ultimo survey.

Anche la massima concentrazione di **DBT** nell'estate 2012 è stata rilevata in A3 (42 $\mu\text{g}/\text{kg}$) e la più bassa in B3 (26 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Analogamente agli MBT, anche i DBT hanno conservato concentrazioni basse e in alcune occasioni al di sotto del limite di quantificazione della metodica sino all'inverno 2011, mostrando poi un deciso incremento ovunque nell'estate 2011 (Fabi *et al.*, 2016). Nell'inverno 2012 è apparsa evidente una tendenza al decremento nella maggior parte delle stazioni, fortemente confermata nell'estate seguente.

Tab. 3-V - Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{kg}$) delle sostanze organostanniche rinvenute nell'estate 2012. In rosso il sito in corrispondenza della piattaforma Annamaria B. MBT = monobutilstagno; DBT = dibutilstagno; TBT = tributilstagno. Le celle vuote indicano l'assenza delle sostanze.

	MBT	DBT	TBT
A3	53	42	
AM SE	49	30	
A6	48	37	
A8	47	31	
B3	38	26	
B6	51	37	
K1	50	37	
K3	45	32	

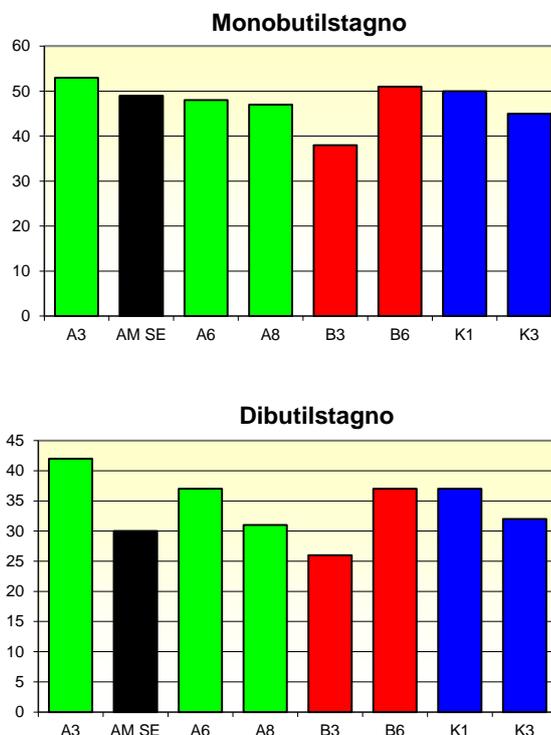


Fig. 3.20 - Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{kg}$) delle sostanze organostanniche rinvenute nell'estate 2012. In nero il sito in corrispondenza della piattaforma Annamaria B. MBT = monobutilstagno; DBT = dibutilstagno.

3.3. ACCUMULO E DEGRADAZIONE DI IPA NEI SEDIMENTI

In Tab. 3-VI sono riportati i valori del tempo di dimezzamento (gg) relativi all'estate 2012 ottenuti per ciascuna molecola IPA ad entrambe le condizioni di incubazione dei due gruppi di stazioni. Tali valori sono stati ricavati sulla base delle equazioni di correlazione lineare costruite sulle due differenti curve di degradazione, secondo le diverse condizioni di incubazione e per l'intero periodo di studio (60 gg).

I tempi di dimezzamento calcolati nei sedimenti provenienti dall'area della piattaforma Annamaria B sono risultati più bassi rispetto a quelli del controllo, sia considerando i singoli analiti che i valori medi ottenuti alle due condizioni di laboratorio. Per entrambi i gruppi di stazioni il massimo è stato registrato per il Fluorantrene a 6°C e buio. Poiché maggiore è il valore del tempo di emivita più lenta è la degradazione della molecola, la velocità di degradazione degli IPA estratti nei sedimenti delle stazioni circostanti la piattaforma è risultata superiore rispetto all'andamento degradativo degli IPA presenti nei sedimenti del controllo i quali, quindi, tendono ad accumulare maggiormente nella loro matrice organica le molecole IPA rendendole meno biodisponibili e ritardandone la degradazione.

La degradazione di tutte le molecole IPA analizzate in questa prova ha mostrato una cinetica più veloce nella condizione di temperatura 18°C e luce rispetto all'altra condizione di laboratorio.

Tab. 3-VI - Tempi di emivita (gg) e media dei tempi di emivita (gg) delle 16 molecole IPA analizzate nelle due condizioni di incubazione (18°C-luce e 6°C-buio) nei campioni di sedimento prelevati nelle sei stazioni attorno alla piattaforma Annamaria B e nei due siti di controllo nell'estate 2012.

Campioni stazioni della piattaforma (A3, A6, A8, AMSE, B3, B6)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MEDIA
18°C/luce	2,2	3,0	3,0	3,0	4,1	3,0	5,2	2,5	1,4	2,3	2,2	2,4	2,3	2,2	2,0	2,2	2,6±0,9
6°C/buio	8,0	8,1	7,2	5,4	8,1	6,8	9,4	5,6	4,7	4,7	4,5	5,3	5,2	5,3	4,5	4,0	6,5±1,6
Campioni stazioni di controllo (K1, K3)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MEDIA
18°C/luce	8,2	10,3	12,5	18,9	13,0	19,9	20,0	12,3	12,4	15,6	8,3	11,6	11,1	21,2	9,9	11,6	13,6±4,3
6°C/buio	19,2	19,0	22,0	23,0	23,9	25,7	31,5	25,6	25,0	21,4	14,9	16,8	14,0	24,5	22,0	23,5	22,0±4,5

1-Naftalene; 2-Acenaftilene; 3-Acenaftene; 4-Fluorene; 5-Fenanatrene; 6-Antracene; 7-Fluorantrene; 8-Pirene; 9-Crisene; 10-Benzo(a)antracene; 11-Benzo(b)fluorantene; 12-Benzo(k)fluorantene; 13-Benzo(a)pirene; 14-Dibenzo(a,h)antracene; 15-Indeno(1,2,3,c,d)pirene; 16-Benzo(g,h,i)perilene.

3.4. RILASCIO E ADSORBIMENTO DI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI

Lo studio ha preso in esame la capacità di adsorbimento e/o rilascio di metalli pesanti presentata da campioni di sedimento marino prelevati nell'estate 2012 presso la piattaforma Annamaria B (AM SE, A3, A6 e A8, B3 e B6) e in alcuni siti di controllo (K1 e K3) e mantenuti a diverse condizioni sperimentali di temperatura e illuminazione. I valori ottenuti sono riportati in Tab. 3-VII.

Tutti i campioni presi in esame in quest'ultimo campionamento hanno confermato una distribuzione granulometrica omogenea tra i siti, contraddistinta dal prevalere della frazione sabbiosa. Il contenuto di acqua determinato è risultato omogeneo in tutti i campioni esaminati e compreso tra 70% e 76%. Analogamente a quanto evidenziato nel corso delle campagne precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c) i risultati non hanno mostrato sostanziali differenze tra i valori delle costanti ottenuti dopo 10 gg (T_{10}) e dopo 20 gg (T_{20}). Pertanto, per una maggiore rappresentatività i valori riportati in Tab. 3-VII sono stati ottenuti dalla media delle T_{10} e T_{20} .

3.4.1. RILASCIO DI METALLI PESANTI

I risultati delle analisi condotte nell'estate 2012 hanno mostrato un'uniformità di comportamento dei sedimenti prelevati vicino alla piattaforma con quelli dei controlli per quanto concerne alluminio, cadmio, mercurio e vanadio ad entrambe le condizioni di laboratorio (Tab. 3-VIIa).

Per quanto riguarda gli altri metalli analizzati, i sedimenti prelevati da AM SE hanno mostrato una capacità di rilascio ad entrambe le condizioni; una situazione simile è stata riscontrata in A3 (eccetto per il rame), sito in cui è stata evidenziata una capacità di rilascio maggiore per lo zinco rispetto a tutte le altre stazioni, e in A8 eccetto il rame in condizioni di luce. In A6 e K1 è stata dimostrata una capacità di rilascio al buio. In B3 sono stati ottenuti tutti risultati non significativi tranne quelli relativi al cromo e allo zinco in presenza di buio. B6 e K3, infine, hanno presentato comportamenti simili con poche eccezioni (As al buio, Cu e Zn alla luce).

3.4.2. ADSORBIMENTO DI METALLI PESANTI

I risultati relativi all'estate 2012 tendono a confermare la scarsa capacità di adsorbimento

da parte dei sedimenti esaminati, già evidenziata nel corso dei campionamenti precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c). In tutte le stazioni e ad entrambe le condizioni hanno presentato lo stesso comportamento l'alluminio, l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il piombo e il vanadio, tutti non adsorbiti dai sedimenti (Tab. 3-VIIIb).

A3, B3 e K3 hanno mostrato ad entrambe le condizioni una capacità di adsorbimento per tre metalli, ovvero Ba, Cr e Zn (A3), Cr, Ni e Cu (B3), e Ba, Cr e Cu (K3). Per quanto concerne lo zinco in A3 è da rilevare una capacità di adsorbimento elevata.

In AM SE e A8 è stata registrata una capacità di adsorbimento solo per due metalli (Cr e Ni in AM SE e Cr e Zn in A8). Infine, i sedimenti prelevati da A6 hanno mostrato un adsorbimento di Cr. Nelle restanti stazioni (B6 e K1) la K_{ads} non ha fornito risultati significativi per alcun metallo.

Tab. 3-VII – Valori delle K_{ril} (a) e K_{ads} (b) stimati sulla base delle due prove di incubazione (6°C-buio e 18°C-luce) e determinati sui 4 campioni di sedimento prelevati nell'estate 2012 nell'area circostante la piattaforma (AM SE, A3, A6, A8, B3 e B6) e nei due controlli K1 e K3. ns = non significativo.

a)

		Al	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn
AM SE	Buio	ns	1,0	0,9	ns	0,8	ns	0,8	0,8	0,8	ns	0,9
	Luce	ns	1,0	0,9	ns	0,9	ns	0,9	0,8	0,8	ns	1,0
A3	Buio	ns	0,3	0,9	ns	0,8	ns	0,7	0,6	ns	ns	2,0
	Luce	ns	0,3	0,8	ns	0,7	ns	0,7	2,3	ns	ns	2,0
A6	Buio	ns	0,7	0,6	ns	1,0	ns	0,9	0,1	0,1	ns	0,4
	Luce	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A8	Buio	ns	0,7	0,8	ns	0,9	ns	0,9	0,9	1,1	ns	0,7
	Luce	ns	0,6	0,7	ns	0,9	ns	0,9	0,8	ns	ns	0,7
B3	Buio	ns	ns	ns	ns	0,7	ns	ns	ns	ns	ns	0,6
	Luce	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B6	Buio	ns	ns	0,8	ns	0,8	ns	0,7	0,8	ns	ns	0,8
	Luce	ns	ns	0,9	ns	0,8	ns	0,7	0,8	ns	ns	0,4
K1	Buio	ns	0,7	1,1	ns	1,0	ns	1,0	0,8	0,8	ns	0,9
	Luce	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K3	Buio	ns	0,7	1,1	ns	1,1	ns	0,8	0,8	ns	ns	0,8
	Luce	ns	ns	0,9	ns	0,9	ns	0,8	0,8	0,7	ns	ns

b)

		Al	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn
AM SE	Buio	ns	ns	ns	ns	1,2	ns	0,8	ns	ns	ns	ns
	Luce	ns	ns	ns	ns	1,2	ns	0,8	ns	ns	ns	ns
A3	Buio	ns	ns	2,0	ns	2,4	ns	ns	ns	ns	ns	5,5
	Luce	ns	ns	2,0	ns	2,4	ns	ns	ns	ns	ns	5,5
A6	Buio	ns	ns	ns	ns	0,8	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Luce	ns	ns	ns	ns	0,7	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A8	Buio	ns	ns	ns	ns	1,0	ns	ns	ns	ns	ns	2,2
	Luce	ns	ns	ns	ns	1,0	ns	ns	ns	ns	ns	2,3
B3	Buio	ns	ns	ns	ns	1,8	ns	2,1	ns	0,9	ns	ns
	Luce	ns	ns	ns	ns	1,8	ns	2,0	ns	0,9	ns	ns
B6	Buio	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Luce	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K1	Buio	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Luce	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K3	Buio	ns	ns	1,2	ns	0,8	ns	ns	ns	1,1	ns	ns
	Luce	ns	ns	1,0	ns	0,9	ns	ns	ns	1,0	ns	ns

3.5. ACCUMULO E DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANOSTANNICHE NEI SEDIMENTI

Lo studio ha preso in esame la capacità di adsorbimento e degradazione di tributilstagno (TBT) nei campioni di sedimento marino prelevati nell'estate 2012 presso la piattaforma Annamaria B (AM SE, A3, A6, A8, B3, B6) e nei siti di controllo K1 e K3 e mantenuti a diverse condizioni sperimentali di temperatura e di illuminazione. Il contenuto di acqua determinato nei campioni dopo il trattamento e la rimozione del liquido surnatante è risultato compreso tra 66% e 71%.

3.5.1. ADSORBIMENTO DI TBT

I risultati dell'estate 2012 tendono a mostrare una relativa capacità di adsorbimento da parte dei sedimenti esaminati (Tab. 3-VIII). Le K_{ads} riscontrate, calcolate sulla base del grado di ripartizione presentato dal TBT rispetto alla fase solida (sedimento) e liquida (acqua di mare artificiale), hanno evidenziato valori attorno a 0,2. Nel complesso, i sedimenti con il maggior livello di adsorbimento, seppur con minime differenze rispetto agli altri, sono quelli prelevati presso i siti A3, B3 e K1.

Tab. 3-VIII - Valori delle costanti di Adsorbimento (K_{ads}) di TBT nei siti attorno alla piattaforma Annamaria B e nei controlli K1 e K3 nel campionamento estivo del 2012.

Stazione	K_{ads}
AM SE	0,19
A3	0,22
A6	0,20
A8	0,20
B3	0,22
B6	0,21
K1	0,22
K3	0,20

Rispetto al monitoraggio condotto nel 2011 (Fabi *et al.*, 2014c) nell'ultimo survey le K_{ads} sono apparse confrontabili in AM SE, A6, A8, B6 e K1, tutti siti in cui era stata registrata una riduzione della capacità di adsorbimento nel 2011 rispetto al 2010 (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c). Invece in A3, B3 e K3, rimasti pressoché invariati sino al 2011, le K_{ads} si sono ridotte nel 2012.

3.5.2. DEGRADAZIONE DI TBT

I risultati delle analisi condotte nell'estate 2012 tendono a evidenziare la totale l'assenza della capacità di degradazione di TBT in tutti i siti investigati (Tab. 3-IX).

In condizioni di buio e a bassa temperatura (+ 4°C) le concentrazioni riscontrate dopo 10 (T₁₀) e dopo 20 gg (T₂₀) sono sostanzialmente uguali a quelle riscontrate al T₀ e le costanti di degradazione K_{deg} sono prossime allo zero per tutte le stazioni analizzate.

Tab. 3-IX - Valori delle costanti di degradazione (K_{deg}) di TBT ottenuti alle due condizioni di laboratorio utilizzando sedimenti campionati nell'estate 2012. K1 e K3 = controlli.

K_{deg} luce +16°C	AM SE	A3	A6	A8	B3	B6	K1	K3
T ₁₀	-0,001	0,001	-0,001	0,001	-0,001	0,001	-0,001	-0,001
T ₂₀	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	-0,001	0,002

K_{deg} buio +4°C	AM SE	A3	A6	A8	B3	B6	K1	K3
T ₁₀	-0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
T ₂₀	0,001	0,001	0,000	0,001	-0,001	0,000	0,001	0,001

In condizioni di luce la situazione non è molto diversa, anche se in tal caso AM SE, A8, B3 e K3 tendono ad evidenziare una lieve degradazione del TBT dopo 20 gg. Rispetto ai campionamenti precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c) i dati sembrano confermare l'assenza di fenomeni di degradazione al buio a +4°C e una capacità leggermente maggiore di biodegradazione in condizioni di luce a +16°C dopo 20 gg.

3.6. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.6.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

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

Risultati del saggio - I risultati del saggio applicato ai campioni prelevati nell'estate 2012 sono riportati in Tab. 3-X, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati. Non è stato rilevato alcun effetto tossico in nessuno dei campioni analizzati. Tutti hanno infatti evidenziato solo un significativo effetto biostimolante ($p < 0,05$) rispetto alla crescita misurata nei rispettivi controlli eseguiti con acqua marina artificiale.

Tab 3-X - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati nel 5° survey post lavori (estate 2012). Valori negativi della percentuale di effetto indicano effetto stimolante. In rosso il sito corrispondente alla piattaforma.

campione	pH	S	% effetto/biostimolazione	EC ₅₀	Giudizio
A3	7,63	33,0	-135%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
AM SE	7,62	33,0	-92%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
A6	7,72	32,9	-112%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
A8	7,70	33,0	-81%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
B3	7,44	33,2	-45%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
B6	7,59	33,2	-54%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
K1	7,84	33,5	-60%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo
K3	7,85	33,5	-51%	n.c.	Effetto eutrofizzante significativo

Rispetto ai monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2016) non sono state riscontrate variazioni temporali in alcuno dei siti campionati. La presenza di un lieve effetto tossico registrata nell'estate 2010 (1° survey post lavori) in corrispondenza dei siti B3 e K3 ha rappresentato solo un evento sporadico non più osservato in seguito.

3.6.2. *VIBRIO FISCHERI* (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – I valori EC₅₀ a 5' (0,79 mg/l) e a 15' (0,28 mg/l) sono rientrati nel range di riferimento relativo al test Microtox® (0,42–1,16 mg/l e 0,03–0,75 mg/l rispettivamente per il test a 5' e 15') come in UNICHIM (Onorati *et al.*, 2007).

Risultati del saggio: L'assenza di inibizione della bioluminescenza nel saggio biologico Microtox® Solid-Phase relativo al quinto survey condotto dopo la fine dei lavori di installazione (estate 2012) ha dimostrato l'assenza di tossicità in tutti i campioni analizzati (Tab. 3-XI) confermando quanto già osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2016).

Tab. 3-XI - Risultati del saggio biologico *Vibrio fischeri* relativo all'estate 2012 e applicato al sedimento. In rosso è evidenziata la stazione campionata in corrispondenza di Annamaria B.

campione	Sabbia < 1mm (%)	Pelite (%)	Soglia Tox Naturale (TU)	Tox Misurata (TU)	Range al 95% di confidenza (TU)		R ² (%)	S.T.I.	TOX
A3	79,69	20,31	71,17	3,36	1,30	21,19	89	0,05	Assente
AM SE	77,92	22,08	77,33	2,77	1,83	5,89	90	0,04	Assente
A6	80,03	19,97	69,97	2,53	1,55	7,20	91	0,04	Assente
A8	79,99	20,01	70,12	2,16	1,36	4,64	91	0,03	Assente
B3	82,07	17,93	62,84	5,45	2,30	17,64	88	0,09	Assente
B6	82,28	17,72	62,13	3,74	2,41	7,82	91	0,06	Assente
K1	81,87	18,13	63,54	3,17	1,69	11,48	91	0,05	Assente
K3	81,99	18,01	63,15	2,52	1,77	5,06	90	0,04	Assente

3.6.3. COROPHIUM ORIENTALE

QA-QC – La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl₂) LC 50=3,81 (LC=3,20 mg/l e UC=4,54 mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio (1,28-4,48 mg/l). In Tab. 3-XII sono riportati i parametri chimici e fisici dei sedimenti registrati prima e dopo l'esecuzione del saggio.

Tab. 3-XII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test del monitoraggio effettuato nell'estate 2012. In rosso è evidenziata la stazione posta in corrispondenza di Annamaria B.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,10	0,5	> 85	15 ± 1	36	8,10	1	> 85
A3		38	8,10	1			38	8,09	1	
AM SE		38	8,11	0,5			38	8,10	0,5	
A6		38	8,11	1			38	8,10	0,5	
A8		38	8,10	1			38	8,09	1	
B3		38	8,11	0,5			38	8,08	0,5	
B6		38	8,10	1			38	8,10	1	
K1		38	8,10	1			38	8,11	0,5	
K3		36	8,10	0,5			38	8,11	0,5	

Risultati del saggio - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg hanno mostrato per la prima volta un leggero segnale di tossicità in A3, A6, B3 e K1 (Tab.

3-XIII). Nelle restanti stazioni è stata invece confermata l'assenza di tossicità acuta già osservata precedentemente (con l'eccezione di B6 nell'inverno 2011; Fabi *et al.*, 2016).

Tab. 3-XIII - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservati nel test di tossicità eseguito nell'estate 2012. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

campione	Numero degli organismi esposti	% organismi morti (\pm dev.st)	% (corretta) degli organismi morti	TOX
Controllo	100	$2 \pm 2,30$	-	Assente
A3	100	$18 \pm 2,31$	16	Bassa
AM SE	100	$10 \pm 8,33$	8	Assente
A6	100	$18 \pm 2,31$	16	Bassa
A8	100	$14 \pm 2,31$	12	Assente
B3	100	$17 \pm 5,03$	15	Bassa
B6	100	$14 \pm 2,31$	12	Assente
K1	100	$20 \pm 3,27$	18	Bassa
K3	100	$8 \pm 0,00$	6	Assente

3.6.4. ACARTIA TONSA

QA-QC - Il test eseguito come controllo positivo con 3,5-Diclorofenolo ($70 \mu\text{g/l}$) è risultato conforme perché nei limiti della carta di controllo intralaboratorio ($33\text{--}388 \mu\text{g/l}$); la percentuale di LDR nei campioni di controllo ($60\pm 8\%$, $76\pm 4\%$) è risultata conforme perché superiore al limite del 30%.

Risultati del saggio - In tutte le stazioni campionate nell'estate 2012 i valori delle percentuali di inibizione sono risultati tali da non indicare la presenza di tossicità (Tab. 3-XIV), confermando il buono stato dei sedimenti di tutti i siti attorno alla piattaforma e dei controlli già evidenziato nei monitoraggi precedenti condotti nella fase di produzione di Annamaria B (Fabi *et al.*, 2016).

Tab 3-XIV - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *A. tonsa* nei campioni relativi al quinto survey condotto dopo i lavori di installazione della piattaforma (estate 2012). In rosso il sito corrispondente ad Annamaria B.

campione	LDR	In (%)	TOX
Controllo	$0,60\pm 0,08$ $0,76\pm 0,04$	-	
A3	$0,56\pm 0,18$	6	Assenza di effetto
AM SE	$0,54\pm 0,17$	11	Assenza di effetto
A6	$0,47\pm 0,27$	22	Assenza di effetto
A8	$0,74\pm 0,11$	-20	Assenza di effetto
B3	$0,65\pm 0,16$	14	Assenza di effetto
B6	$0,61\pm 0,11$	20	Assenza di effetto
K1	$0,60\pm 0,08$	0	Assenza di effetto
K3	$0,76\pm 0,04$	0	Assenza di effetto

3.6.5. *CRASSOSTREA GIGAS*

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC₅₀ di 18,8 µg/l di Cu, che rientra nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5-33 µg/l); la percentuale di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo (90±1%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio: Il saggio di embriotossicità applicato agli elutriati ha evidenziato l'assenza di tossicità in tutti i campioni esaminati, caratterizzati da una percentuale di larve normalmente formate (percentuale di successo del test normalizzata S%) non significativamente differente dal controllo (Tab. 3-XV). Dal confronto con i dati precedenti si evidenzia anche per questo organismo un miglioramento rispetto all'inverno 2012 quando era stata riscontrata una tossicità bassa in A3 e A6 e media nei due controlli K1 e K3. Altri segnali di tossicità erano stati sporadicamente osservati sia al controllo K3 (1° survey durante i lavori di installazione e 1° post lavori) e in A8 (1° e 2° survey post lavori; Fabi *et al.*, 2016).

Tab. 3-XV - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nell'estate 2012. In rosso il sito corrispondente ad Annamaria B.

campione	% effetto grezzo	S(%)	EC₅₀ %	Giudizio
Controllo	10±1	-	-	-
A3	6±5	100	n.c.	Assente
AM SE	15±4	94	n.c.	Assente
A6	8±6	100	n.c.	Assente
A8	6±1	100	n.c.	Assente
B3	15±3	94	n.c.	Assente
B6	8±2	100	n.c.	Assente
K1	15±6	94	n.c.	Assente
K3	15±5	95	n.c.	Assente

3.6.6. *HEDISTE DIVERSICOLOR*

I parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test condotto nell'estate 2012 sono riportati in Tab. 3-XVI, mentre in Tab. 3-XVII sono riportate le percentuali di mortalità degli organismi rilevate nel test di bioaccumulo.

Le percentuali di mortalità degli organismi esposti ai sedimenti testati sono risultate maggiori o comparabili (A6, B6 e K1) a quella del controllo negativo.

Tab. 3-XVI - Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante il sedimento registrati all'inizio e al termine del test di bioaccumulo effettuato nell'estate 2012. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente ad Annamaria B.

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	16 ± 1	36	8,10	0,5	> 85	15 ± 1°	34	8,26	5	> 85
A3		38	8,12	1			36	8,19	0,5	
AM SE		38	8,12	1			37	8,16	0,5	
A6		38	8,10	1			37	8,13	5	
A8		38	8,11	1			37	8,21	1	
B3		38	8,09	0,5			36	8,19	5	
B6		38	8,12	0,5			37	8,14	3	
K1		38	8,13	0,5			39	8,19	3	
K3		38	8,11	1			37	8,32	2	

Tab. 3-XVII - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservati nel test di bioaccumulo registrate nel 5° survey condotto dopo i lavori di installazione della piattaforma (estate 2012). In rosso è evidenziata la stazione corrispondente ad Annamaria B.

campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	15	20 ± 0
A3	15	53 ± 11
AM SE	15	47 ± 11
A6	15	33 ± 11
A8	15	67 ± 11
B3	15	47 ± 11
B6	15	20 ± 0
K1	15	33 ± 12
K3	15	53 ± 12

Risultati del saggio - In Tab. 3-XVIII sono riportate le concentrazioni dei vari metalli rilevate nei differenti siti, mentre in Tab. 3-XIX sono indicate le differenze tra le concentrazioni rilevate nei tessuti dei policheti esposti ai sedimenti da testare e quelle rilevate al tempo 0 (bianco).

Le concentrazioni di **alluminio**, **cromo**, **nichel** e **vanadio** sono tutte risultate sotto i limiti di rilevabilità strumentale. Le concentrazioni di **bario**, **rame**, **cadmio** e **piombo** rilevate nei tessuti degli organismi hanno evidenziato un generale rilascio di questi metalli.

Lo **zinco** è stato bioaccumulato solo nei policheti posti sul sedimento B6. Altrove è stata rilevata solo una mobilità trascurabile e/o assente.

Gli aumenti delle concentrazioni di **arsenico** e **mercurio** rispetto al bianco osservati in alcuni siti sono risultati del tutto irrilevanti.

Tab. 3-XVIII - Concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* rilevate nel 5° survey condotto dopo i lavori di installazione della piattaforma (estate 2012). Bianco = tempo zero 0'; organismi spurgati/non esposti ai sedimenti. In rosso è evidenziata la stazione campionata in corrispondenza di Annamaria B. n.r. = non rilevabile.

campione	Al %	Ba mg kg ⁻¹	Cr mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	V mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
bianco	n.r.	4,04	n.r.	17,82	n.r.	n.r.	81,12	1,65	0,173	0,54	0,101
Controllo	n.r.	3,55	n.r.	9,01	n.r.	n.r.	77,44	1,78	0,154	0,35	0,127
A3	n.r.	4,19	n.r.	9,25	n.r.	n.r.	80,81	1,57	0,135	0,42	0,104
AM SE	n.r.	3,81	n.r.	12,60	n.r.	n.r.	84,15	1,53	0,10	0,45	0,095
A6	n.r.	3,92	n.r.	13,77	n.r.	n.r.	92,22	1,80	0,122	0,47	0,105
A8	n.r.	3,72	n.r.	10,61	n.r.	n.r.	77,40	1,72	0,158	0,43	0,086
B3	n.r.	3,71	n.r.	8,41	n.r.	n.r.	80,42	1,54	0,132	0,39	0,094
B6	n.r.	3,84	n.r.	17,69	n.r.	n.r.	109,53	1,71	0,145	0,42	0,101
K1	n.r.	3,76	n.r.	10,15	n.r.	n.r.	80,87	1,81	0,122	0,46	0,114
K3	n.r.	3,54	n.r.	11,56	n.r.	n.r.	84,62	1,71	0,119	0,45	0,111

Tab. 3-XIX - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati e il bianco (0') durante l'estate 2012. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente ad Annamaria B. n.c. = non calcolabile. Sono indicate in neretto le differenze maggiori del 20% rispetto al bianco.

campione	Al %	Ba mg kg ⁻¹	Cr mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	V mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
Controllo	n.c.	-0,49	n.c.	-8,81	n.c.	n.c.	-3,68	0,13	-0,02	-0,19	0,03
A3	n.c.	0,15	n.c.	-8,57	n.c.	n.c.	-0,31	-0,08	-0,04	-0,12	0,00
AMSE	n.c.	-0,23	n.c.	-5,22	n.c.	n.c.	3,03	-0,12	-0,07	-0,09	-0,01
A6	n.c.	-0,12	n.c.	-4,05	n.c.	n.c.	11,10	0,15	-0,05	-0,07	0,00
A8	n.c.	-0,32	n.c.	-7,21	n.c.	n.c.	-3,72	0,07	-0,02	-0,11	-0,02
B3	n.c.	-0,33	n.c.	-9,41	n.c.	n.c.	-0,70	-0,11	-0,04	-0,15	-0,01
B6	n.c.	-0,20	n.c.	-0,13	n.c.	n.c.	28,41	0,06	-0,03	-0,12	0,00
K1	n.c.	-0,28	n.c.	-7,67	n.c.	n.c.	-0,25	0,16	-0,05	-0,08	0,01
K3	n.c.	-0,50	n.c.	-6,26	n.c.	n.c.	3,50	0,06	-0,05	-0,09	0,01

Nell'estate 2012 viene riconfermata la diminuzione della biodisponibilità dei metalli rispetto ai survey precedenti (Fabi *et al.*, 2016). Sono inoltre scomparsi i segnali evidenziati durante l'inverno 2012, nel quale si notava una generale biodisponibilità di nichel in tutte le stazioni, e di zinco, piombo, arsenico e mercurio in uno o più siti.

3.7. ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKERS E INDAGINI ULTRASTRUTTURALI NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

Le analisi riguardanti *Mytilus galloprovincialis* sono iniziate nell'inverno 2011 a causa della non disponibilità di organismi nel primo anno successivo all'intallazione di Annamaria B. Nella presente relazione si riportano pertanto i risultati conseguiti nell'intero periodo in cui sono state effettuate tali indagini (inverno 2011 - estate 2012), al fine di poter effettuare confronti interstagionali per i vari parametri.

3.7.1. MATERIA ORGANICA ESTRATTA, BIOACCUMULO DI IDROCARBURI ALIFATICI, POLICICLICI AROMATICI E METALLI PESANTI

Materia organica estratta – Il contenuto di materia organica estratta nel corso dell'estate 2012 è risultato inferiore nei siti della piattaforma rispetto al controllo, analogamente ai periodi precedenti eccetto l'inverno 2012 quando era apparso confrontabile (Tabb. 3-XX e 3-XXI; fig. 3.21). Nel complesso la MOE, come l'indice di condizione, evidenzia l'abbondanza di lipidi nell'organismo, frazione organica importante in quanto comparto di accumulo di inquinanti chimici organici. I valori osservati in questo secondo anno di monitoraggio sono risultati confrontabili con quanto evidenziato in analoghe indagini condotte nelle medesime aree di studio alto Adriatico (Fabi *et al.*, 2005a; 2010a; 2010b; 2013a).

Idrocarburi alifatici – Nell'estate 2012 i livelli di idrocarburi alifatici totali nel segmento C15-C31 hanno evidenziato livelli di accumulo significativamente inferiori presso i siti della piattaforma (Tabb. 3-XX e 3-XXII; fig. 3.22). Diversamente, nell'inverno 2012 gli idrocarburi alifatici erano risultati inferiori al limite di rilevabilità strumentale per tutti i fingerprints investigati, dimostrando la scarsa presenza di tali composti nell'ambiente acquatico investigato. Una situazione analoga a quella del 2012 era stata rilevata nelle due stagioni del 2011, dimostrando una certa stagionalità per questo parametro. Tale condizione non ha permesso per i periodi invernali il calcolo dei relativi indici distributivi ad essi correlati.

Per quanto riguarda invece l'ultimo monitoraggio, il rapporto LMW/HMW tra i valori assunti dalle n-paraffine a basso peso molecolare ($C_n < 21$), rispetto a quelle ad alto peso

molecolare (Cn>21) ha presentato valori simili nel sito di controllo e in LA e inferiori rispetto a VA (Tab. 3-XXIII).

Tab. 3-XX - Distribuzione della MOE (%± d.s.) e degli idrocarburi alifatici rilevati nei tessuti di mitili (mg/kg p.s. ± d.s.) prelevati vicino (VA) e lontano (LA) dagli anodi sacrificali della piattaforma Annamaria B e dal sito di controllo (C) nei due anni di campionamento. LOD = limite di rilevabilità strumentale.

	Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
MOE%	2,7±0,2	1,9±0,1	0,9±0,1	2,0 ± 0,2	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,3	2,0±0,2	2,2±0,2	2,3±0,2	2,0 ± 0,2	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,3
C15	< LOD	< LOD	< LOD	0,08±0,03	0,05±0,02	0,05±0,02	< LOD	< LOD	< LOD	0,07±0,03	0,04±0,02	0,04±0,02
C16	< LOD	< LOD	< LOD	0,22±0,08	0,12±0,04	0,12±0,04	< LOD	< LOD	< LOD	0,19±0,09	0,10 ± 0,04	0,10±0,04
C17	< LOD	< LOD	< LOD	0,14±0,05	0,08±0,03	0,08±0,03	< LOD	< LOD	< LOD	0,12±0,06	0,07 ± 0,03	0,07±0,03
C18	< LOD	< LOD	< LOD	0,15±0,05	0,09±0,03	0,07±0,03	< LOD	< LOD	< LOD	0,13±0,06	0,08 ± 0,03	0,06±0,03
C19	< LOD	< LOD	< LOD	0,08±0,03	0,04±0,01	0,03±0,01	< LOD	< LOD	< LOD	0,07±0,03	0,03 ± 0,01	0,02±0,01
C20	< LOD	< LOD	< LOD	0,30±0,10	0,15±0,05	0,15±0,05	< LOD	< LOD	< LOD	0,26±0,12	0,13 ± 0,06	0,13±0,06
C21	< LOD	< LOD	< LOD	0,11±0,04	0,50±0,02	0,06±0,02	< LOD	< LOD	< LOD	0,09±0,04	0,44 ± 0,02	0,05±0,02
C22	< LOD	< LOD	< LOD	0,40±0,14	0,22±0,08	0,23±0,08	< LOD	< LOD	< LOD	0,35±0,16	0,19 ± 0,09	0,20±0,09
C23	< LOD	< LOD	< LOD	0,20±0,07	0,11±0,04	0,13±0,04	< LOD	< LOD	< LOD	0,17±0,08	0,09± 0,04	0,11±0,04
C24	< LOD	< LOD	< LOD	1,55±0,50	0,77±0,27	0,79±0,27	< LOD	< LOD	< LOD	1,37± 0,60	0,68± 0,32	0,70±0,32
C25	< LOD	< LOD	< LOD	0,30±0,10	0,22±0,08	0,20±0,08	< LOD	< LOD	< LOD	0,26±0,12	0,19 ± 0,09	0,17±0,09
C26	< LOD	< LOD	< LOD	0,88±0,30	0,33±0,12	0,45±0,12	< LOD	< LOD	< LOD	0,70±0,30	0,20 ± 0,10	0,04±0,10
C27	< LOD	< LOD	< LOD	0,11±0,04	0,11±0,04	0,06±0,04	< LOD	< LOD	< LOD	0,09±0,04	0,09 ± 0,04	0,05±0,04
C28	< LOD	< LOD	< LOD	0,20±0,07	0,18±0,06	0,13±0,06	< LOD	< LOD	< LOD	0,18±0,08	0,16 ± 0,07	0,11±0,07
C29	< LOD	< LOD	< LOD	0,60±0,20	0,33±0,12	0,35±0,12	< LOD	< LOD	< LOD	0,54±0,24	0,29 ± 0,14	0,31±0,14
C30	< LOD	< LOD	< LOD	0,07±0,02	0,14±0,05	0,10±0,05	< LOD	< LOD	< LOD	0,06±0,02	0,12 ± 0,06	0,09±0,06
C31	< LOD	< LOD	< LOD	0,11±0,01	0,11±0,04	0,10±0,04	< LOD	< LOD	< LOD	0,09±0,01	0,09 ± 0,04	0,09±0,04
Pristano	< LOD	< LOD	< LOD	0,14±0,05	0,08±0,03	0,08±0,03	< LOD	< LOD	< LOD	0,12±0,06	0,07 ± 0,03	0,07±0,03
Fitano	< LOD	< LOD	< LOD	0,25±0,09	0,15±0,05	15,00±0,05	< LOD	< LOD	< LOD	0,22±0,10	0,13 ± 0,06	0,13±0,06
ΣIA				5,50±0,60	3,50±0,30	3,10±0,30				4,90±0,80	3,10±0,40	2,70±0,40

Tab. 3-XXI - Risultati dei confronti statistici relativi alla distribuzione della MOE osservata nell'intero periodo di indagine nei siti della piattaforma Annamaria B (vicino anodo, VA; lontano anodo, LA) rispetto al controllo (test U - Mann-Whitney). * = p<0,05; ns = non significativo.

		MOE											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*
	VA			*	ns	*	*	ns	ns	*	ns	*	*
	LA				*	*	ns	*	*	*	*	*	ns
Estate 2011	C				*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
	VA						ns	*	*	*	*	ns	ns
	LA							*	*	*	*	ns	ns
Inverno 2012	C								ns	ns	ns	*	*
	VA									ns	ns	ns	*
	LA										ns	*	*
Estate 2012	C											*	*
	VA												ns
	LA												

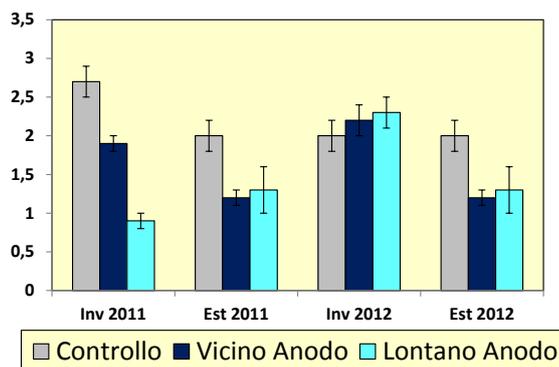


Fig. 3.21 - Distribuzione della MOE (%± d.s.) rilevata nei tessuti di mitili prelevati vicino (VA) e lontano (LA) dagli anodi sacrificali della piattaforma Annamaria B e dal sito di controllo (C) nei due anni di campionamento.

Tab. 3-XXII - Risultati dei confronti statistici relativi alla distribuzione degli IA osservata nell'intero periodo di indagine nei siti della piattaforma Annamaria B (vicino anodo, VA; lontano anodo, LA) rispetto al controllo (test U - Mann-Whitney). * = $p < 0,05$; ns = non significativo.

		Idrocarburi Alifatici											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	VA			nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	LA				nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Estate 2011	C					*	*	nc	nc	nc	ns	*	*
	VA						ns	nc	nc	nc	*	ns	ns
	LA							nc	nc	nc	*	ns	ns
Inverno 2012	C								nc	nc	nc	nc	nc
	VA										nc	nc	nc
	LA											nc	nc
Estate 2012	C											*	*
	VA												ns
	LA												

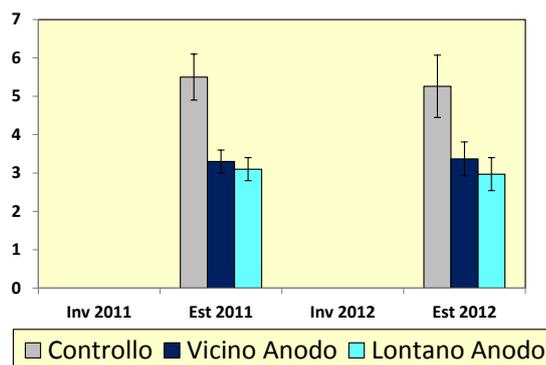


Fig. 3.22 - Distribuzione degli Idrocarburi Alifatici (mg/kg p.s. ± d.s.) rilevata nei tessuti di mitili prelevati vicino (VA) e lontano (LA) dagli anodi sacrificali della piattaforma Annamaria B e dal sito di controllo (C) nei due anni di campionamento.

I rapporti dell'indice distributivo CPI (Carbon Preference Index, rapporto tra IA dispari/pari) hanno assunto valori compresi tra 0,73 (controllo) e 1,49 (LA). Esaminata nel suo complesso, la distribuzione dei valori di CPI ed LMW/HMW relativa a controllo e VA

denota l'assenza di idrocarburi di origine antropica. Diversamente, nel sito LA suggerisce una composizione moderatamente più antropogenica.

I rapporto n-C17/pristano ha assunto valori omogenei in tutti i tre siti, mentre per il rapporto n-C18/fitano sono apparsi leggermente differenti, con il massimo in VA e il minimo in LA. Entrambi gli indici risultano comparabili a quanto osservato da Carro *et al.* (2006) per bivalvi prelevati in aree soggette a moderata pressione antropica presso le coste galiziane. Infine, l'idrocarburo alifatico maggiormente accumulato (MH) presso tutto i siti è risultato ovunque il C24.

Tab. 3-XXIII - Indici di distribuzione degli idrocarburi alifatici rilevati nei tessuti molli di mitili (*M. galloprovincialis*) prelevati vicino (VA) e lontano (LA) dagli anodi sacrificali della piattaforma Annamaria B e dal sito di controllo nell'estate 2012.

	Controllo	VA	LA
LMW/HMW	0,24	0,41	0,21
CPI (C_{15/30})	0,73	0,78	1,49
C17/pristano	0,55	0,53	0,53
C18/fitano	1,06	1,11	0,87
MH	C24	C24	C24

Idrocarburi Policiclici Aromatici – Analogamente agli IA, anche gli IPA sono stati rilevati solo nelle stagioni estive. I livelli registrati sono apparsi comparabili sia dal punto di vista intra- che interstagionale (Tabb. 3-XXIV e 3-XXV; fig. 3.23) e indicano uno scarso accumulo di questa classe di inquinanti, statisticamente confrontabile tra piattaforma e controllo.

Confrontando la distribuzione evidenziata con quanto presente in letteratura, i valori osservati appaiono inferiori a quelli registrati in aree marine e marino-costiere soggette a un moderato impatto antropico (Lima *et al.*, 2007; Carro *et al.*, 2006; Fabi *et al.*, 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2014a).

Tab. 3-XXIV - Distribuzione degli idrocarburi policiclici aromatici (ng/g p.s.) prelevati vicino (VA) e lontano (LA) dagli anodi sacrificali della piattaforma Annamaria B e dal sito di controllo C) nei due anni di indagine. LOD = limite di rilevabilità strumentale. nc: non calcolabile.

	Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Naftalene	< LOD	< LOD	< LOD	17,4 ± 9,6	13,1 ± 4,9	13,1 ± 4,5	< LOD	< LOD	< LOD	5,3 ± 7,6	11,5 ± 3,9	11,5 ± 3,6
Acenaftene	< LOD	< LOD	< LOD	0,46 ± 0,16	0,3 ± 0,1	0,5 ± 0,2	< LOD	< LOD	< LOD	0,40 ± 0,08	0,26 ± 0,08	0,44 ± 0,16
Acenaftilene	< LOD	< LOD	< LOD	0,92 ± 0,32	1,0 ± 0,3	2,1 ± 0,76	< LOD	< LOD	< LOD	0,80 ± 0,24	0,88 ± 0,24	1,84 ± 0,60
Fluorene	< LOD	< LOD	< LOD	2,56 ± 0,9	1,88 ± 0,6	2,5 ± 0,9	< LOD	< LOD	< LOD	2,20 ± 0,70	1,60 ± 0,40	2,20 ± 0,70
Fenantrene	< LOD	< LOD	< LOD	6,0 ± 2,0	4,2 ± 1,4	4,3 ± 1,5	< LOD	< LOD	< LOD	5,2 ± 1,6	3,6 ± 1,1	3,7 ± 1,2
Antracene	< LOD	< LOD	< LOD	0,18 ± 0,06	0,15 ± 0,05	0,19 ± 0,07	< LOD	< LOD	< LOD	0,15 ± 0,05	0,13 ± 0,05	0,16 ± 0,05
Fluorantene	< LOD	< LOD	< LOD	2,2 ± 0,7	2,9 ± 1,0	2,7 ± 0,9	< LOD	< LOD	< LOD	1,9 ± 0,5	2,5 ± 0,8	2,3 ± 0,7
Pirene	< LOD	< LOD	< LOD	0,9 ± 0,3	0,8 ± 0,3	0,8 ± 0,2	< LOD	< LOD	< LOD	0,79 ± 0,24	0,70 ± 0,20	0,70 ± 0,16
B[a]Antracene	< LOD	< LOD	< LOD	0,4 ± 0,1	1,3 ± 0,4	1,2 ± 0,4	< LOD	< LOD	< LOD	0,35 ± 0,08	1,14 ± 0,32	1,05 ± 0,32
Crisene	< LOD	< LOD	< LOD	1,3 ± 0,4	0,15 ± 0,05	0,16 ± 0,06	< LOD	< LOD	< LOD	1,0 ± 0,3	0,1 ± 0	0,124 ± 0
B[b]Fluorantene	< LOD	< LOD	< LOD	0,5 ± 0,1	1,0 ± 0,3	0,9 ± 0,3	< LOD	< LOD	< LOD	0,4 ± 0,1	0,8 ± 0,2	0,7 ± 0,2
B[k]Fluorantene	< LOD	< LOD	< LOD	0,18 ± 0,06	0,21 ± 0,07	0,19 ± 0,07	< LOD	< LOD	< LOD	0,14 ± 0,04	0,16 ± 0,05	0,14 ± 0,05
B[a]Pirene	< LOD	< LOD	< LOD	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01	< LOD	< LOD	< LOD	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01
DiB[a,h]A	< LOD	< LOD	< LOD	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01	< LOD	< LOD	< LOD	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01
BghiPerilene	< LOD	< LOD	< LOD	0,15 ± 0,05	0,09 ± 0,01	0,12 ± 0,04	< LOD	< LOD	< LOD	0,13 ± 0,04	0,08 ± 0,01	0,11 ± 0,03
Indeno [c,d] pirene	< LOD	< LOD	< LOD	0,18 ± 0,06	0,21 ± 0,01	0,23 ± 0,08	< LOD	< LOD	< LOD	0,16 ± 0,05	0,18 ± 0,01	0,20 ± 0,06
ΣIPA	nc	nc	nc	33,5 ± 9,9	27,7 ± 5,3	29,5 ± 5,1	nc	nc	nc	19,1 ± 7,9	23,9 ± 4,2	25,4 ± 4,0

Tab. 3-XXV - Risultati dei confronti statistici relativi alla distribuzione degli IPA osservata nell'intero periodo di indagine nei siti della piattaforma Annamaria B (vicino anodo, VA; lontano anodo, LA) rispetto al controllo (test U - Mann-Whitney). * = p<0,05; ns = non significativo.

		Idrocarburi Policiclici Aromatici											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	VA			nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	LA				nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Estate 2011	C				ns	ns	nc	nc	nc	nc	ns	ns	ns
	VA						ns	nc	nc	nc	ns	ns	ns
	LA							nc	nc	nc	ns	ns	ns
Inverno 2012	C							nc	nc	nc	nc	nc	nc
	VA								nc	nc	nc	nc	nc
	LA									nc	nc	nc	nc
Estate 2012	C										ns	ns	ns
	VA											ns	ns
	LA												

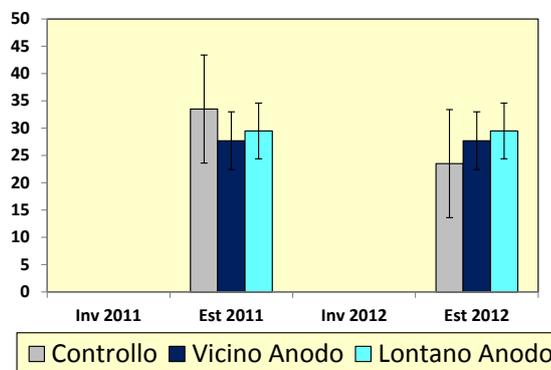


Fig. 3.23 - Distribuzione degli Idrocarburi Policiclici Alifatici (ng/kg p.s. ± d.s.) rilevata nei tessuti di mitili prelevati vicino (VA) e lontano (LA) dagli anodi sacrificali della piattaforma Annamaria B e dal sito di controllo (C) nei due anni di campionamento.

Metalli pesanti - L'analisi della distribuzione dei metalli pesanti nei mitili prelevati dalla piattaforma e al controllo nell'estate 2012 tende a confermare i risultati ottenuti precedentemente (Tabb. 3-XXVI e 3-XXVII; fig. 3.24). Zinco, risultato il metallo maggiormente accumulato, bario, vanadio e cadmio con rare eccezioni sono sempre risultati più abbondanti nei mitili prelevati sia in VA che in LA, con differenze significative quasi sempre anche tra questi due siti, essendo i metalli maggiormente accumulati in LA. Lo zinco ha mostrato decrementi significativi nelle stagioni estive e un incremento nell'inverno 2012, quando tuttavia non sono stati raggiunti i tenori del 2011. Il bario non ha subito variazioni stagionali al controllo; in VA ed LA le concentrazioni sono rimaste confrontabili sino all'inverno 2012 e hanno poi mostrato un decremento significativo nell'estate successiva. Il vanadio ha invece presentato variazioni interstagionali solo al controllo, consistenti in un forte incremento nell'estate 2011, una riduzione nell'inverno successivo e un nuovo, più moderato aumento nell'estate 2012. Il cadmio è rimasto stabile nel tempo in tutti i tre siti eccetto LA nell'ultimo survey in cui si è ridotto.

Anche l'alluminio nell'estate 2012 ha presentato le concentrazioni maggiori in VA ed LA rispetto al controllo; nelle stagioni precedenti, invece, era risultato più accumulato in VA e meno accumulato in LA. Questo metallo non ha mostrato variazioni sino all'inverno 2012, quando solo in LA si è assistito a un aumento. Nell'ultimo campionamento l'alluminio si è significativamente ridotto in VA e al controllo ed ha continuato ad aumentare in LA.

L'arsenico è risultato maggiormente presente negli esemplari raccolti in VA in tutte le stagioni, senza mostrare variazioni nel tempo.

Piombo, mercurio, cromo e nichel, salvo qualche eccezione, non hanno mai presentato differenze statistiche tra i siti, né tra le stagioni. E' da rilevare che le concentrazioni di mercurio, unico metallo per il quale è riportato lo Standard di Qualità Ambientale Media Annuale nella Tab. 3/A del DM 59/2009 (SQA-MA: 20 µg/kg), sono sempre risultate al di sotto di tale limite.

Per quanto riguarda infine il rame, nei primi tre monitoraggi questo metallo aveva presentato le concentrazioni maggiori e comparabili al controllo e in LA, mentre nell'estate 2012 sono state registrate differenze statisticamente significative solo tra VA ed LA.

Dal punto di vista stagionale è da segnalare la riduzione generalizzata nell'estate 2011. Nei due campionamenti del 2012 solo il controllo ha mostrato dapprima un incremento e poi una riduzione.

Nel complesso la distribuzione osservata è in linea con i valori riportati in un precedente studio pluriennale condotto da Fattorini *et al.* (2008) e mirato a valutare il bioaccumulo di metalli pesanti in mitili prelevati presso diverse piattaforme offshore ubicate nell'Adriatico settentrionale e centrale e in un altro studio effettuato da Gorbi *et al.* (2008) presso la piattaforma "Giovanna". I dati sono inoltre conformi a quanto riportato da Fabi *et al.* (2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2014a) per varie piattaforme installate nella medesima area di studio.

Tab. 3-XXIII - Distribuzione dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Annamaria B nei due anni di indagine. Valori espressi in mg/kg p.s. (\pm d.s.). LA = lontano anodo di sacrificio; VA = vicino anodo di sacrificio.

	Inverno 2011			Estate 2011		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Pb	2,10 \pm 0,01	2,17 \pm 0,02	2,11 \pm 0,01	2,05 \pm 0,11	2,12 \pm 0,12	2,06 \pm 0,11
Zn	143,81 \pm 0,08	169,82 \pm 0,08	182,06 \pm 0,07	112,1 \pm 0,19	132,4 \pm 0,91	141,9 \pm 0,11
Ni	1,2 \pm 0,1	1,11 \pm 0,2	1,2 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2
As	6,2 \pm 0,2	7,2 \pm 0,4	6,2 \pm 0,3	6,0 \pm 0,2	7,0 \pm 0,4	6,0 \pm 0,3
Hg	0,009 \pm 0,001	0,010 \pm 0,001	0,011 \pm 0,001	0,008 \pm 0,001	0,009 \pm 0,001	0,010 \pm 0,002
Cr tot	1,34 \pm 0,12	1,11 \pm 0,11	1,34 \pm 0,15	1,3 \pm 0,10	1,0 \pm 0,20	1,3 \pm 0,20
Cu	2,01 \pm 0,09	1,74 \pm 0,05	2,09 \pm 0,07	1,76 \pm 0,10	1,53 \pm 0,06	1,83 \pm 0,08
Cd	0,16 \pm 0,01	0,23 \pm 0,01	0,36 \pm 0,01	0,15 \pm 0,01	0,21 \pm 0,01	0,34 \pm 0,01
Ba	0,57 \pm 0,02	3,27 \pm 0,03	4,12 \pm 0,04	0,56 \pm 0,02	3,26 \pm 0,03	4,11 \pm 0,04
Al	29,84 \pm 0,17	42,94 \pm 0,05	23,27 \pm 0,22	29,7 \pm 0,2	42,8 \pm 0,5	23,1 \pm 0,2
V	0,55 \pm 0,01	1,55 \pm 0,01	1,82 \pm 0,01	1,50 \pm 0,04	1,54 \pm 0,01	1,81 \pm 0,01

	Inverno 2012			Estate 2012		
	Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Pb	2,13 \pm 0,02	2,19 \pm 0,02	2,04 \pm 0,01	2,05 \pm 0,11	2,09 \pm 0,11	2,02 \pm 0,10
Zn	133,2 \pm 0,1	158,2 \pm 0,1	174,9 \pm 0,2	109,1 \pm 1,10	135,0 \pm 1,0	141,9 \pm 0,10
Ni	1,1 \pm 0,1	1,0 \pm 0,2	1,1 \pm 0,3	0,9 \pm 0,1	1,1 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3
As	6,1 \pm 0,2	7,2 \pm 0,6	5,9 \pm 0,3	5,9 \pm 0,1	6,8 \pm 0,3	6,1 \pm 0,2
Hg	0,008 \pm 0,001	0,009 \pm 0,001	0,009 \pm 0,001	0,008 \pm 0,001	0,010 \pm 0,001	0,011 \pm 0,005
Cr tot	1,32 \pm 0,11	1,1 \pm 0,12	1,33 \pm 0,19	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,3	1,1 \pm 0,1
Cu	2,11 \pm 0,08	1,66 \pm 0,08	1,99 \pm 0,15	1,81 \pm 0,15	1,63 \pm 0,05	1,78 \pm 0,05
Cd	0,16 \pm 0,02	0,21 \pm 0,01	0,35 \pm 0,01	0,14 \pm 0,02	0,22 \pm 0,03	0,29 \pm 0,02
Ba	0,55 \pm 0,02	3,21 \pm 0,05	3,91 \pm 0,07	0,45 \pm 0,05	2,25 \pm 0,04	3,00 \pm 0,05
Al	29,8 \pm 0,2	42,6 \pm 0,1	27,1 \pm 0,2	22,4 \pm 0,3	32,4 \pm 0,6	28,2 \pm 0,3
V	0,85 \pm 0,02	1,54 \pm 0,03	1,78 \pm 0,01	1,12 \pm 0,04	1,65 \pm 0,02	1,77 \pm 0,04

Tab. 3-XXIV – Risultati dei confronti statistici relativi alla distribuzione dei metalli pesanti osservata nell'estate 2011 nei siti della piattaforma Annamaria B (vicino anodo, VA; lontano anodo, LA) rispetto al controllo (test U - Mann-Whitney). * = $p < 0,05$; ns = non significativo.

		Pb											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	VA			*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	LA				ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Estate 2011	C				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LA				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Inverno 2012	C							ns	*	ns	ns	ns	
	VA							ns	*	ns	ns	ns	
	LA							ns	*	ns	ns	ns	
Estate 2012	C										ns	ns	
	VA										ns	ns	
	LA										ns	ns	

		Cu											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
	VA			*	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
	LA				*	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns
Estate 2011	C					*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
	VA					*	*	*	ns	*	*	ns	*
	LA					*	*	*	ns	*	*	ns	*
Inverno 2012	C								*	*	ns	*	*
	VA								*	*	ns	ns	ns
	LA								*	*	ns	*	ns
Estate 2012	C											ns	ns
	VA											ns	*
	LA											ns	*

		Zn											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns
	VA			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	LA			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Estate 2011	C				*	*	*	*	*	*	ns	*	*
	VA				*	*	*	*	*	*	ns	*	*
	LA				*	*	*	*	*	*	ns	*	*
Inverno 2012	C							*	*	*	*	*	*
	VA							*	*	*	*	*	*
	LA							*	*	*	*	*	*
Estate 2012	C							*	*	*	*	*	*
	VA							*	*	*	*	*	*
	LA							*	*	*	*	*	*

		Cd											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	*	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	VA			*	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	LA			*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Estate 2011	C				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	VA				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	LA				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Inverno 2012	C							*	*	*	ns	*	*
	VA							*	*	*	ns	*	*
	LA							*	*	*	ns	*	*
Estate 2012	C							*	*	*	*	*	*
	VA							*	*	*	*	*	*
	LA							*	*	*	*	*	*

		Ni											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LA			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Estate 2011	C				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LA				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Inverno 2012	C							ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA							ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LA							ns	ns	ns	ns	ns	ns
Estate 2012	C										ns	ns	ns
	VA										ns	ns	ns
	LA										ns	ns	ns

		Ba											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	*	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	VA			*	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	LA			*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Estate 2011	C				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	VA				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	LA				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Inverno 2012	C							*	*	*	ns	*	*
	VA							ns	ns	ns	ns	*	*
	LA							ns	ns	ns	ns	*	*
Estate 2012	C										*	*	*
	VA										*	*	*
	LA										*	*	*

		As											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
	VA			*	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
	LA			*	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
Estate 2011	C				*	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns
	VA				*	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns
	LA				*	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns
Inverno 2012	C							*	ns	ns	ns	*	ns
	VA							*	*	*	ns	*	*
	LA							ns	*	ns	ns	*	ns
Estate 2012	C										*	ns	ns
	VA										*	ns	ns
	LA										*	ns	ns

		Al											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	*	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	VA			*	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	LA			*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Estate 2011	C				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	VA				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	LA				*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Inverno 2012	C							*	*	*	ns	*	*
	VA							*	*	*	ns	*	*
	LA							*	*	*	ns	*	*
Estate 2012	C										*	*	*
	VA										*	*	*
	LA										*	*	*

		Hg											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LA			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Estate 2011	C				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LA				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Inverno 2012	C							ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA							ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LA							ns	ns	ns	ns	ns	ns
Estate 2012	C										ns	ns	ns
	VA										ns	ns	ns
	LA										ns	ns	ns

		V											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	VA			*	ns	ns	*	ns	*	*	ns	*	*
	LA			*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Estate 2011	C				ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	VA				ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
	LA				ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Inverno 2012	C							*	*	*	ns	*	*
	VA							*	*	*	ns	*	*
	LA							*	*	*	ns	*	*
Estate 2012	C										*	*	*
	VA										*	*	*
	LA										*	*	*

Tab. 3-XXIV – Continuo.

		Cr											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	
	VA			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	LA				ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	
Estate 2011	C				ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	
	VA					ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	LA						ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Inverno 2012	C						ns	ns	ns	*	*	ns	
	VA							ns	ns	ns	ns	ns	
	LA									*	*	ns	
Estate 2012	C									ns	ns		
	VA										ns		
	LA											ns	

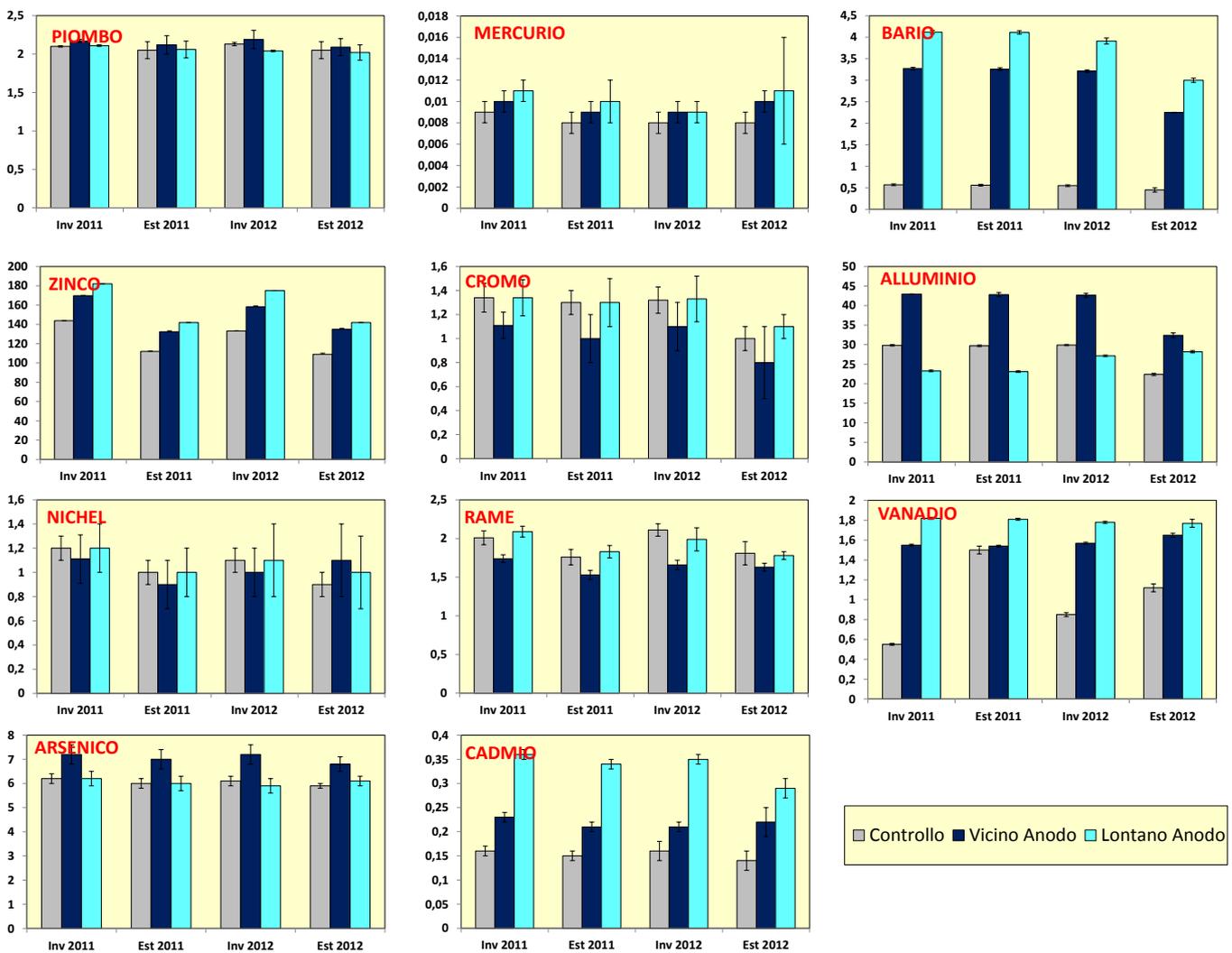


Fig. 3.24 - Distribuzione dei metalli pesanti rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo.

3.7.2. BIOMARKERS

In Tab. 3-XXVIII sono riportati i valori dei biomarkers analizzati nei mitili prelevati vicino (VA) e lontano (LA) dagli anodi di sacrificio della piattaforma Annamaria B e nel sito di controllo nei quattro monitoraggi condotti sinora.

Tab. 3-XXVIII - Valori medi dei biomarkers (\pm d.s.) determinati nei mitili campionati dall'inverno 2011 all'estate 2012 nel sito di controllo, vicino (VA) e lontano (LA) dagli anodi di sacrificio di Annamaria B.

Biomarker	Unità di misura	Inverno 2011			Estate 2011		
		Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	9,0	8,5	9,4	8,0	8,2	8,3
Indice di condizione	p.s. animale / p.s. conchiglia	0,21 \pm 0,01	0,11 \pm 0,07	0,13 \pm 0,03	0,18 \pm 0,01	0,09 \pm 0,07	0,10 \pm 0,03
Micronuclei	frequenza %	0,9 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	1,1 \pm 0,3	1,2 \pm 0,2
Lipofuscine	densità ottica / pixels ²	5028 \pm 285	6146 \pm 540	6050 \pm 520	7308 \pm 361	8000 \pm 321	8099 \pm 269
Lipidi neutri	densità ottica / pixels ²	31291 \pm 3541	32540 \pm 2401	30280 \pm 3201	28001 \pm 2541	30218 \pm 2401	32051 \pm 3591
Stabilità lisosmiale	min	45,0 \pm 3,5	32,0 \pm 2,5	35,0 \pm 2,0	33,0 \pm 2,5	26,0 \pm 3,5	27,0 \pm 2,0
Vol Lys/Cit		0,21 \pm 0,01	0,19 \pm 0,08	0,18 \pm 0,09	0,18 \pm 0,03	0,15 \pm 0,02	0,15 \pm 0,05
Catalasi	mmol/min/mg di proteine	0,019 \pm 0,001	0,025 \pm 0,002	0,027 \pm 0,003	0,024 \pm 0,004	0,031 \pm 0,005	0,032 \pm 0,005
Malondialdeide	nmol Mda g ⁻¹ tessuto	29,2 \pm 5,6	32,4 \pm 6,9	27,6 \pm 4,4	33,9 \pm 4,5	37,7 \pm 5,0	34,6 \pm 4,4
Metallotioneine	μ g MT/g	90,1 \pm 7,0	115,9 \pm 5,7	103,8 \pm 8,4	96,1 \pm 5,4	129,9 \pm 4,7	133,9 \pm 6,4
Proteine Totali	μ g/g	300,1 \pm 52,8	449,4 \pm 77,3	458,4 \pm 67,4	378,1 \pm 72,8	489,4 \pm 63,9	499,7 \pm 71,4
qPCR _{MT10}	Induzione	1,0	1,18	1,38	1,0	1,59	1,78
qPCR _{MT20}		1,0	2,28	1,98	1,0	2,99	2,78

Biomarker	Unità di misura	Inverno 2012			Estate 2012		
		Controllo	VA	LA	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	8,1	7,4	7,9	7,8	8,0	8,1
Indice di condizione	p.s. animale / p.s. conchiglia	0,11 \pm 0,03	0,07 \pm 0,005	0,08 \pm 0,008	0,17 \pm 0,04	0,10 \pm 0,02	0,09 \pm 0,02
Micronuclei	frequenza %	0,9 \pm 0,07	1,08 \pm 0,15	1,1 \pm 0,16	0,9 \pm 0,3	1,2 \pm 0,2	1,3 \pm 0,2
Lipofuscine	densità ottica / pixels ²	7106 \pm 423	7930 \pm 720	7880 \pm 540	8114 \pm 501	8312 \pm 482	8209 \pm 176
Lipidi neutri	densità ottica / pixels ²	28300 \pm 1951	30331 \pm 2500	32400 \pm 3002	24567 \pm 2541	29900 \pm 3931	27451 \pm 4531
Stabilità lisosmiale	min	35,0 \pm 1,5	28,0 \pm 2,75	29,0 \pm 1,9	36,0 \pm 2,5	25,0 \pm 2,0	23,5 \pm 2,0
Vol Lys/Cit		0,20 \pm 0,02	0,18 \pm 0,05	0,18 \pm 0,08	0,23 \pm 0,03	0,19 \pm 0,02	0,17 \pm 0,05
Catalasi	mmol/min/mg di proteine	0,007 \pm 0,0002	0,018 \pm 0,001	0,014 \pm 0,002	0,026 \pm 0,004	0,030 \pm 0,005	0,029 \pm 0,005
Malondialdeide	nmol Mda g ⁻¹ tessuto	32,8 \pm 5,6	39,6 \pm 4,8	34,3 \pm 5,3	29,5 \pm 9,1	33,4 \pm 7,0	35,8 \pm 6,5
Metallotioneine	μ g MT/g	123,78 \pm 1,57	129,14 \pm 0,59	126,77 \pm 0,99	87,9 \pm 7,2	111,7 \pm 9,8	123,6 \pm 3,2
Proteine Totali	μ g/g	315,1 \pm 33,7	438,7 \pm 89,4	445,1 \pm 88,1	423,5 \pm 58,9	470,5 \pm 23,8	449,2 \pm 40,1
qPCR _{MT10}	Induzione	1,0	0,85	0,99	1,00	1,21	1,46
qPCR _{MT20}		1,0	2,6	2,5	1,00	2,32	2,58

Stress on Stress - I mitili prelevati nell'estate 2012 presso la piattaforma hanno presentato una sopravvivenza all'aria statisticamente comparabile a quella degli esemplari prelevati al controllo (fig. 3.25), situazione già riscontrata nell'estate 2011. Nei due periodi invernali,

invece, erano state registrate differenze significative tra il riferimento e uno o entrambi i siti della struttura.

Mentre nel controllo si era assistito a un decremento nell'estate 2011 senza ulteriori variazioni stagionali, in VA si è verificato dapprima un decremento nell'inverno 2012 e poi un aumento nell'estate seguente, senza però raggiungere i valori del primo campionamento. In LA, invece, si è registrata una riduzione di giorni di sopravvivenza all'aria nell'estate 2011. I tempi di sopravvivenza ottenuti sono comunque simili, e in alcuni casi superiori, a quelli che emergono dai risultati di studi analoghi condotti in precedenza su piattaforme offshore (Fabi *et al.*, 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2014a; Gomiero *et al.*, 2011).

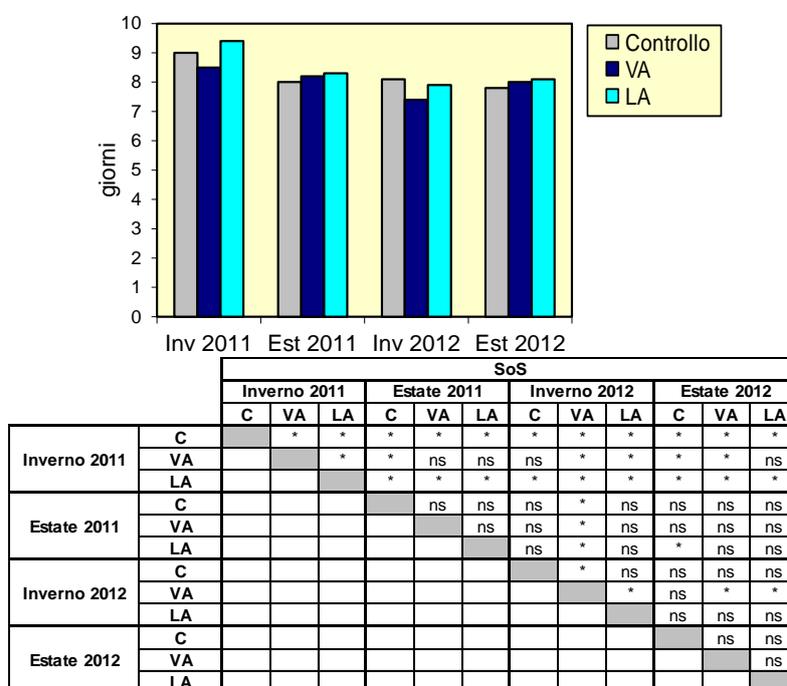


Fig. 3.25 - Distribuzione dei tempi di sopravvivenza all'aria riscontrati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test di Kaplann-Meier. * = significativo; ns = non significativo.

Indice di Condizione - I mitili prelevati nell'estate 2012 dai due siti di Annamaria B hanno evidenziato valori medi statisticamente inferiori rispetto al controllo, analogamente a quanto registrato nelle due stagioni del 2011 (fig. 3.26). A parte un decremento significativo al controllo dall'inverno 2011 a quello del 2012, non sono state riscontrate variazioni stagionali.

In generale, l'applicazione di tale indice fornisce un'informazione complessiva circa lo stato di salute dell'organismo (o della popolazione), rappresentando la somma dell'attività

fisiologica dell'animale (crescita, riproduzione e secrezione). Il valore ricavato dà, infatti, informazioni sulla massa corporea dell'individuo rispetto alle dimensioni della conchiglia, ovvero nell'allocazione delle risorse energetiche dell'organismo. Si è osservato che organismi in ambienti poco salubri impiegano parte delle risorse disponibili per controbilanciare l'effetto della forza stressante, quale essa sia, a discapito della crescita in massa corporea (Lucas e Beninger, 1985). La distribuzione evidenziata per Annamaria B tende, quindi, a indicare una moderata alterazione negli organismi prelevati presso la struttura. L'entità delle differenze riscontrate tra i siti della piattaforma e il controllo non indicano, tuttavia, una risposta fisiologica particolarmente intensa (Pampanin *et al.*, 2005); i valori rilevati risultano, inoltre, comparabili a quelli riscontrati nelle precedenti attività di monitoraggio su analoghe strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2014a; Gomiero *et al.*, 2011).

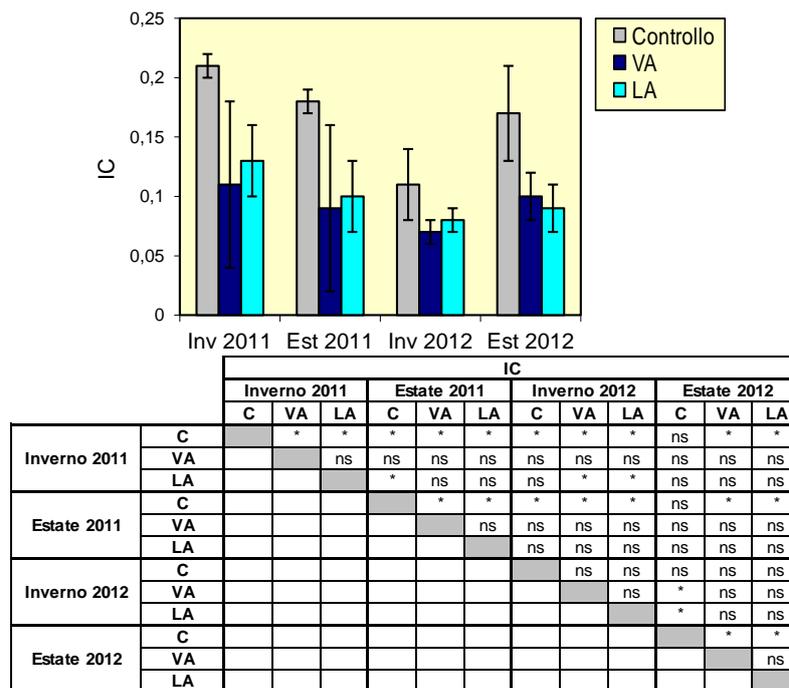


Fig. 3.26 - Distribuzione dei valori medi (\pm d.s.) dell'indice di condizione riscontrati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

Test dei micronuclei – Nell'intero periodo di indagine sono sempre stati registrati valori omogenei tra i tre siti in ciascuna stagione; inoltre non sono mai state riscontrate variazioni temporali (fig. 3.27). I valori ottenuti tendono nel complesso ad evidenziare un scarsa

genotossicità. Infatti, le frequenze finora rilevate appaiono estremamente contenute rispetto a quanto riportato per aree interessate da fenomeni d'inquinamento più marcati (Bolognesi *et al.*, 1996; 2004; Gomiero *et al.*, 2011). I valori emersi sono confrontabili con risultati di precedenti biomonitoraggi ambientali in aree costiere interessate da una scarsa pressione antropica (Bolognesi *et al.*, 2004; Daillanis *et al.*, 2003) e su analoghe piattaforme metanifere (Fabi *et al.*, 2004a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2014a).

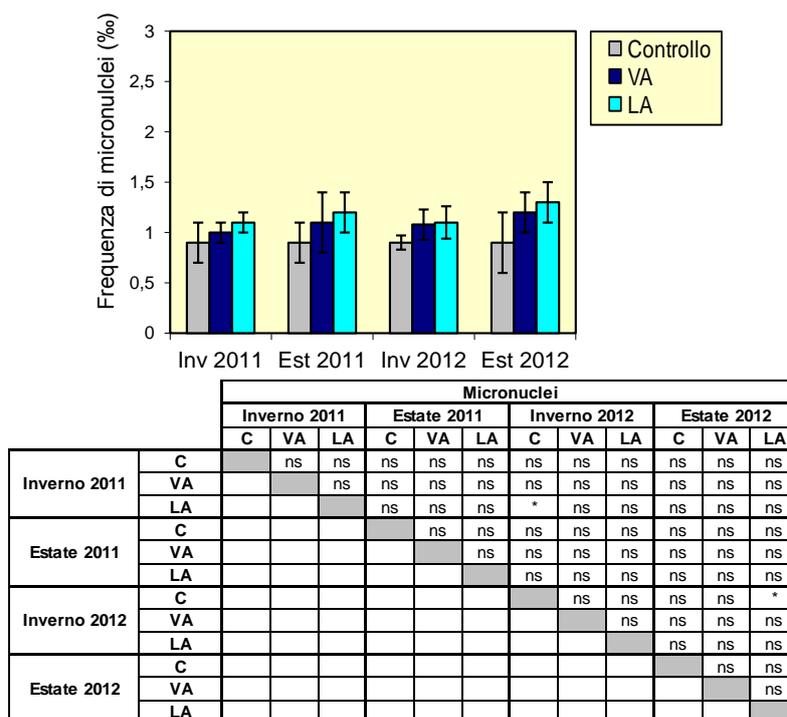
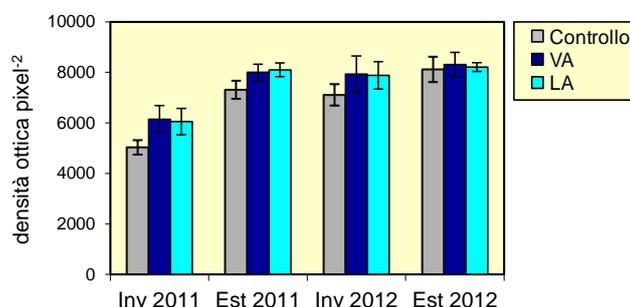


Fig. 3.27 - Distribuzione della frequenza media (\pm d.s.) di micronuclei riscontrati nell'emolinfa di esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

Livelli di lipofuscine – I livelli di lipofuscine evidenziati nei mitili della piattaforma prelevati nell'estate 2012 sono risultati omogenei con quello del controllo, così come osservato nell'inverno precedente (fig. 3.28). Nel primo anno di indagine, invece, uno o entrambi i siti di Annamaria B avevano presentato livelli statisticamente superiori rispetto al riferimento. In tutti i tre siti è stato registrato un aumento significativo nell'estate 2011, senza ulteriori variazioni nel 2012. Nel complesso, i livelli medi assunti da questo parametro non portano a ipotizzare alcuna criticità correlabile alla presenza di stress perossidativo a carico degli organismi analizzati; infatti, i valori ottenuti sono inferiori a quelli evidenziati nel corso di precedenti esperienze di monitoraggio in aree costiere in

Adriatico settentrionale (Petrovic *et al.*, 2004) o su analoghe piattaforme offshore (Fabi *et al.*, 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2014a; Gorbi *et al.*, 2008).



		Lipofuscine											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	VA			ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*
	LA				*	*	*	ns	*	*	*	*	*
Estate 2011	C				ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
	VA						ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
	LA							*	ns	ns	ns	ns	ns
Inverno 2012	C							ns	ns	ns	ns	*	*
	VA								ns	ns	ns	ns	ns
	LA									ns	ns	ns	ns
Estate 2012	C										ns	ns	
	VA											ns	ns
	LA												ns

Fig. 3.28 - Valori medi (\pm d.s.) di accumulo di lipofuscine espressi in unità di densità ottica associate ai lisosomi della ghiandola digestiva di esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

Livelli di lipidi neutri - La distribuzione dei livelli di lipidi neutri ha evidenziato in tutti i monitoraggi una distribuzione omogenea, senza differenze né intrastagionali, né interstagionali (fig. 3.29).

Nel complesso la distribuzione dei valori finora osservati tende ad escludere un'alterazione biologica associata alla sintesi dei lipidi nell'organismo indotta dalla presenza di sostanze xeno-biotiche biodisponibili quali i composti organici, capaci di alterare il normale metabolismo lipidico di un organismo marino. Confrontando i risultati ottenuti con la più recente letteratura si evidenziano risposte nella norma e assimilabili a organismi soggetti a una bassa pressione antropica (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2014a; Gorbi *et al.*, 2008).

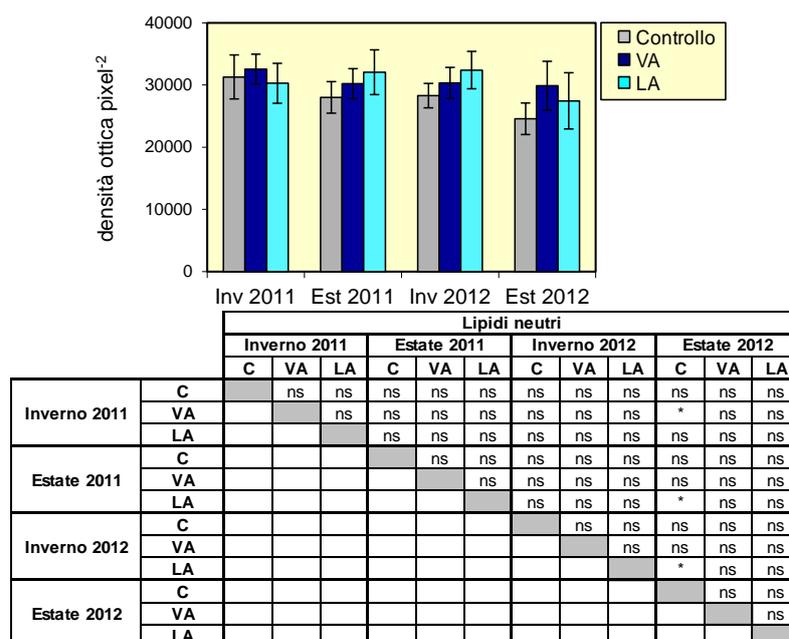
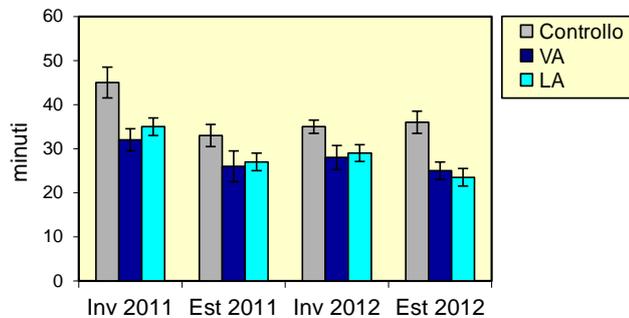


Fig. 3.29 - Valori medi (\pm d.s.) di accumulo di lipidi neutri espressi in unità di densità ottica associate ai lisosomi della ghiandola digestiva di esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

Stabilità delle membrane lisosomiali – In tutte le quattro stagioni entrambi i siti della piattaforma hanno presentato un leggero ma significativo incremento della fragilità lisosomiale rispetto agli organismi di riferimento (fig. 3.30). Il confronto interstagionale ha evidenziato una significativa fluttuazione al controllo nel 2011 e in LA in entrambi gli anni, con livelli di stabilità più elevati in inverno.

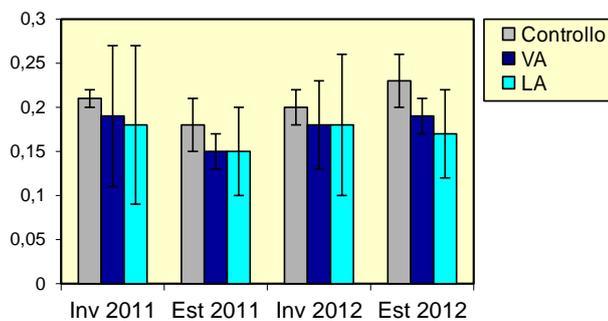
Nel complesso, comunque, i tempi di destabilizzazione ottenuti sono confrontabili a quelli osservabili in organismi in buono stato di salute (Donnini *et al.*, 2007), anche se l'andamento dei valori tende a evidenziare un leggero stato di stress nei bivalvi prelevati presso la piattaforma. Confrontando ulteriormente i risultati di analoghe attività di biomonitoraggio si osserva che i valori medi determinati finora presso Annamaria B risultano simili, e in alcuni casi superiori, agli analoghi registrati in precedenti indagini ambientali su altre strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2014a; Gomiero *et al.*, 2011) e in altre aree dell'alto Adriatico (Petrovic *et al.*, 2004) e inferiori a quelli riportati da Gorbi *et al.* (2008) ma ottenuti con una differente metodologia d'analisi.



		Stabilità membrane lisosomiali											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	VA			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	LA				ns	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Estate 2011	C					*	*	ns	ns	ns	ns	*	*
	VA						ns	*	ns	ns	*	ns	ns
	LA							*	ns	ns	*	ns	ns
Inverno 2012	C								*	*	ns	*	*
	VA									ns	*	ns	ns
	LA										*	ns	*
Estate 2012	C											*	*
	VA												ns
	LA												

Fig. 3.30 - Valori medi (\pm d.s.) dei tempi di destabilizzazione espressi in min e associati alla fragilità dei lisosomi della ghiandola digestiva di esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

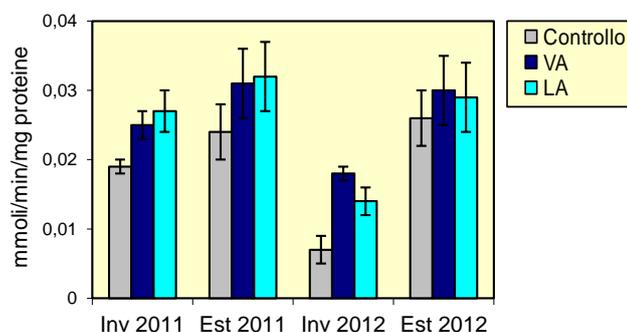
Volume lisosomi / citoplasma – In ciascuna stagione non sono mai state registrate differenze significative tra i siti, né sono stati ottenuti valori discordanti in ciascun punto di prelievo nell'intero periodo (fig. 3.31), indicando l'assenza di alterazioni del comparto lisosomiale negli organismi prelevati dalla piattaforma.



		Volume lisosomi / citoplasma											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LA				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Estate 2011	C					ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VA						ns	*	ns	ns	*	ns	ns
	LA							ns	ns	ns	ns	ns	ns
Inverno 2012	C								ns	ns	ns	ns	ns
	VA									ns	ns	ns	ns
	LA										ns	ns	ns
Estate 2012	C											ns	ns
	VA												ns
	LA												

Fig. 3.31 - Distribuzione dei valori medi (\pm d.s.) del volume lisosomi / citoplasma nei mitili prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

Catalasi - L'attività di catalasi misurata nei bivalvi prelevati da tutti i tre siti investigati nell'estate 2012 è risultata confrontabile, analogamente a quanto osservato nell'estate 2011 e contrariamente a quanto registrato nelle due stagioni invernali, quando si erano registrati livelli superiori nei mitili della piattaforma (fig. 3.32). Dal confronto interstagionale sono emerse differenze statisticamente significative in ciascun punto di prelievo dall'estate 2011 a quella del 2012, determinate da un generale decremento in inverno e da una ripresa nell'ultimo campionamento. Le risposte biologiche osservate nell'ultimo campionamento evidenziano una scarsa stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato. In generale, i risultati ottenuti si collocano all'interno del range riportato nella più recente letteratura inerente piani di monitoraggio presso analoghe strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2005a; 2006; 2010a; 2010b; 2014a) e nella valutazione della qualità di aree marino-costiere (Bocchetti e Regoli, 2006).



		Catalasi											
		Inverno 2011			Estate 2011			Inverno 2012			Estate 2012		
		C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA	C	VA	LA
Inverno 2011	C		*	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*
	VA			ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns
	LA				ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns
Estate 2011	C				ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns
	VA					ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns
	LA							*	*	*	ns	ns	ns
Inverno 2012	C							*	*	*	*	*	*
	VA								*	*	*	*	*
	LA									*	*	*	*
Estate 2012	C										ns	ns	ns
	VA											ns	ns
	LA												ns

Fig. 3.32 - Valori medi (\pm d.s.) dell'attività di catalasi (mmoli di catalasi/min. mg^{-1} proteine totali estratte) associata alla ghiandola digestiva di mitili (*M. galloprovincialis*) prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

Malondialdeide - I livelli medi di malondialdeide sono risultati omogeneamente distribuiti in tutte le stagioni e non sono emerse neanche differenze statisticamente significative dal confronto interstagionale (fig. 3.33).

I risultati ottenuti tendono ad escludere la presenza di un effetto cronico patito dalle

strutture cellulari degli organismi analizzati. Tuttavia, i livelli riscontrati appaiono superiori rispetto a quelli osservati sia in esperimenti di biomonitoraggio attivo con mitili (*Viarengo et al.*, 1991; *Michael et al.*, 1992), che presso analoghe piattaforme offshore (*Fabi et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2014a). E' pertanto necessario attendere gli esiti del prossimo survey per approfondire tale aspetto.

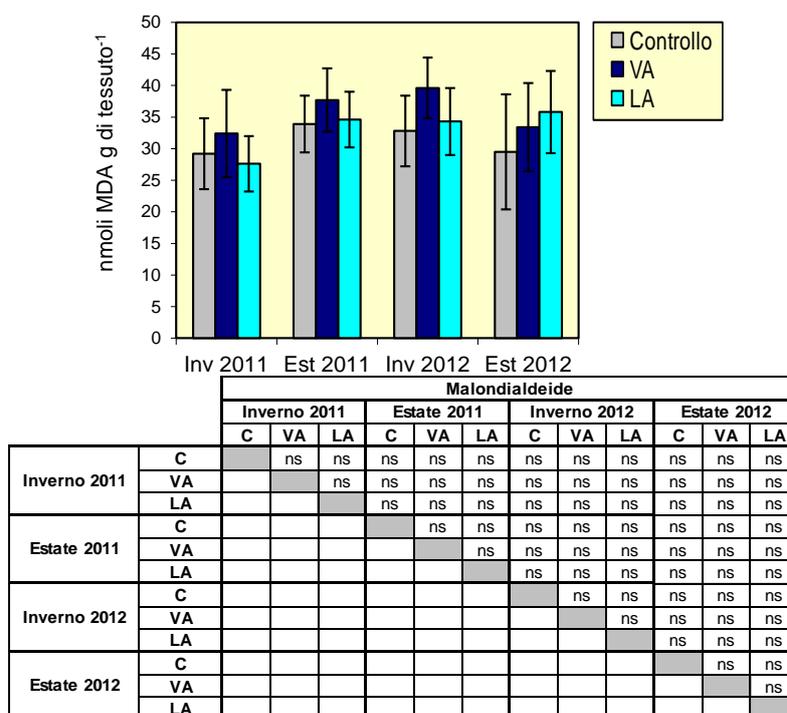


Fig. 3.33 - Valori medi (\pm d.s.) di MDA (Valori in nmoli di MDA/g di tessuto) associata alla ghiandola digestiva di mitili (*M. galloprovincialis*) prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

Metallotioneine - I livelli medi di metallotioneine rilevati nell'estate 2012 confermano incrementi significativi di proteine metallo-chelanti nei mitili della piattaforma già osservati nelle tre stagioni precedenti (fig. 3.34). Nell'estate 2011 era stato rilevato un incremento significativo di metallotioneine nei siti della piattaforma rispetto all'inverno, confermando quanto supposto per la stagione invernale, ovvero la presenza di una significativa risposta biologica alla presenza di metalli pesanti. Nel 2012 la situazione si è stabilizzata in LA; al controllo si è dapprima assistito a un incremento significativo e poi a un decremento, mentre in VA è avvenuta una riduzione in estate. Quanto sinora rilevato tende a indicare una significativa risposta biologica nei mitili della piattaforma alla presenza di metalli pesanti; tale risposta rimane comunque più contenuta rispetto a quanto

evidenziato presso altre piattaforme metanifere dell'Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2005b; 2006; Gomiero *et al.*, 2011; Fabi *et al.*, 2014a).

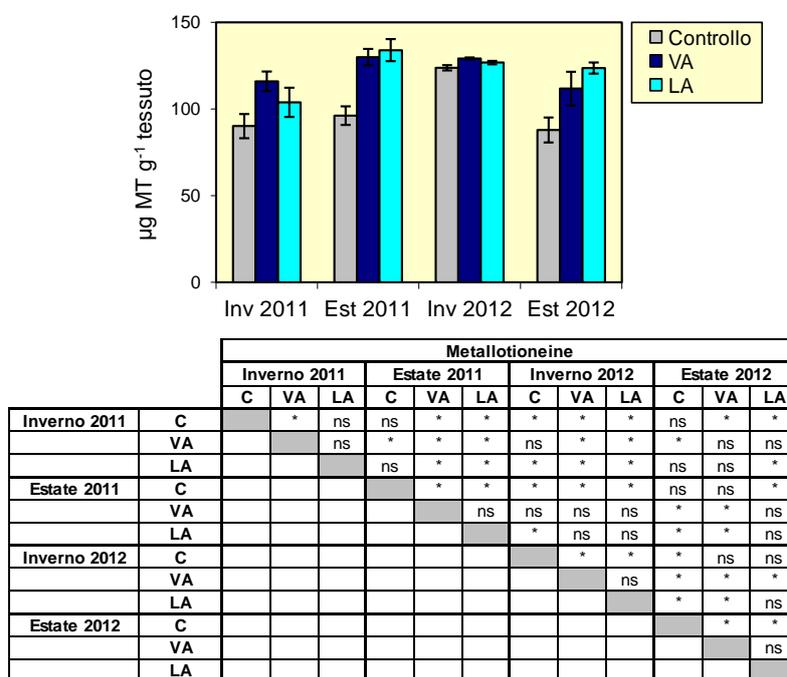


Fig. 3.34 – Concentrazioni medie (\pm d.s.) di metallothioneine rilevate nella ghiandola digestiva di mitili (*M. galloprovincialis*) prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

Proteine totali - I livelli di proteine totali rilevati nei mitili della piattaforma hanno presentato delle differenze significative con quelli di controllo solo nell'inverno 2011 (fig. 3.35). Non sono state inoltre riscontrate variazioni interstagionali in alcuno dei tre siti eccetto al controllo tra i due periodi del 2012.

qPCR (Polymerase Chain Reaction) - I risultati osservati applicando la tecnica della PCR quantitativa agli esemplari prelevati nell'estate 2012, che mostrano differenze significative tra i mitili della piattaforma e quelli di controllo (fig. 3.36), tendono a sostenere il trend osservato dosando i livelli citosolici di metallothioneine e a dimostrare che l'aumento osservato nei mitili della piattaforma può essere correlato per lo più alla presenza di metalli non essenziali. Ciò trova ulteriore riscontro anche dallo studio dei livelli di elementi in traccia osservati nel corso del medesimo periodo di indagine. I livelli d'induzione osservati appaiono comunque moderati rispetto a quelli osservati su mitili prelevati presso aree marine-costiere interessate da diverse attività tra cui industriali, agricole e urbane (Banni *et al.*, 2007).

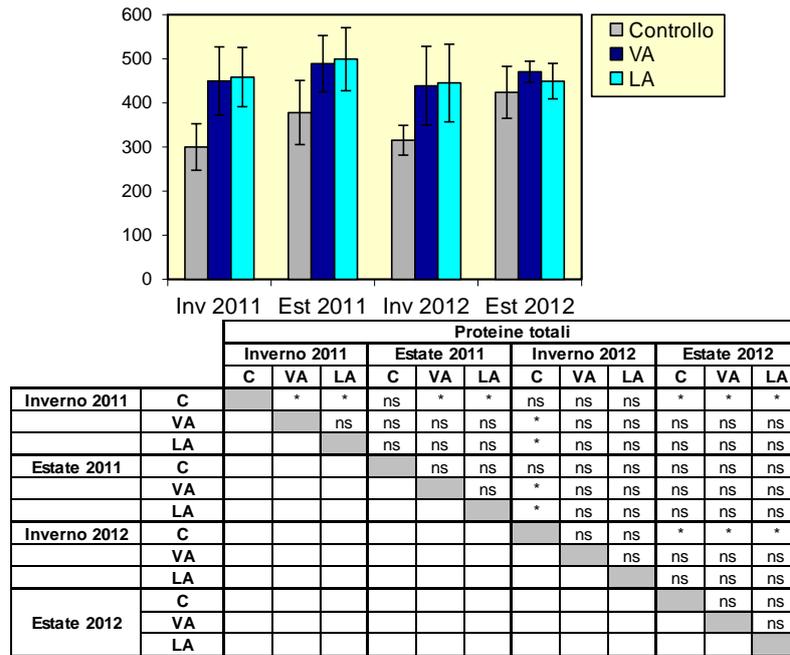


Fig. 3.35 – Proteine totali rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test di Mann-Whitney. * = significativo; ns = non significativo.

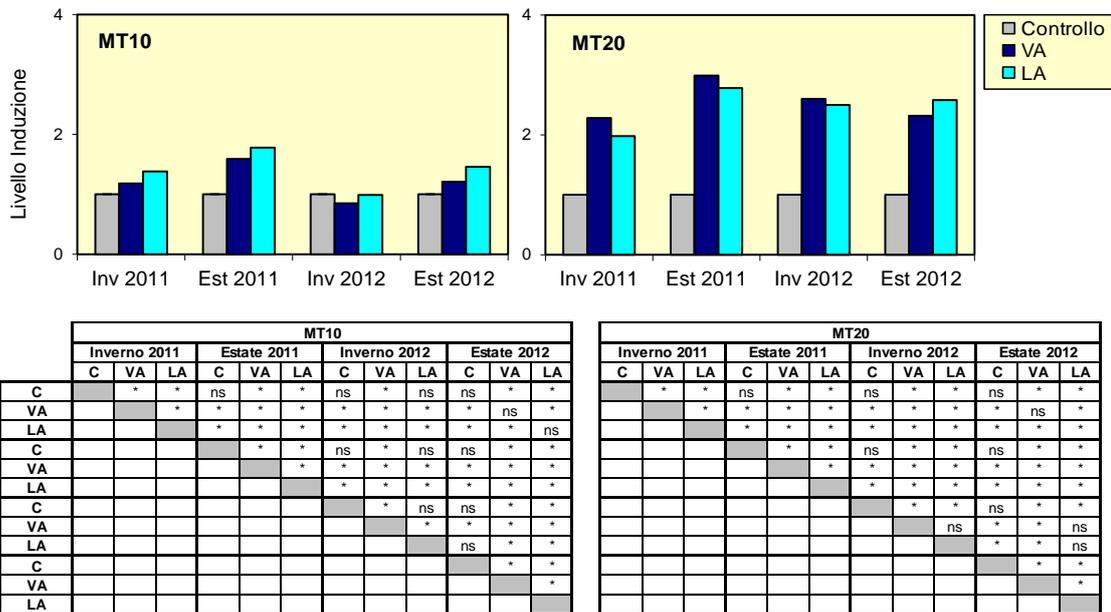


Fig. 3.36 – qPCR rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'intero periodo di indagine vicino e lontano dagli anodi sacrificali di Annamaria B (VA e LA) e nel sito di controllo. Test ANOVA. * = significativo; ns = non significativo.

3.7.3. ANALISI ULTRASTRUTTURALI

3.7.3.1 Analisi correlata di Microscopia Ottica Convenzionale e Microscopia SEM

Numerose sezioni provenienti da 15 esemplari di mitilo raccolti nell'estate 2012 sono state osservate e mappate al fine di evidenziare alterazioni tissutali estensive, o comunque di entità significativa, e di metterle in relazione con le condizioni di crescita degli individui analizzati. Questo approccio consente di eseguire in modo semplice un primo screening sui campioni e di mettere in evidenza i tessuti e gli esemplari più interessanti sui quali può essere utile eseguire analisi più sofisticate. Inoltre, questo consente di eseguire una valutazione di impatto preliminare, volta alla quantificazione delle conseguenze morfologiche dell'esposizione ambientale su scala microscopica, utile anche per impostare uno studio morfologico ultrastrutturale comparato con microscopia SEM.

Le immagini riportate nelle figg. 3.37 - 3.42 si riferiscono a sezioni di epatopancreas e di gonadi osservate al microscopio ottico nell'estate 2012, mentre quelle relative alle figg. 3.43 - 3.48 sono state ottenute mediante microscopia SEM. Nei fatti, l'analisi dei dati congiunti di microscopia ottica + SEM si è rivelata molto utile per la caratterizzazione delle diverse tipologie di tessuto e per l'identificazione di alcune loro peculiarità. Diversi esempi di queste descrizioni morfologiche ad alta risoluzione sono stati evidenziati da cerchi nelle immagini SEM delle sezioni e hanno consentito di caratterizzare tipologie di tessuto quali zone reticolate, aree fibrose, macrocanali di trasporto, ghiandole ed altre strutture funzionali.

Più in dettaglio, lo screening combinato ottica convenzionale + SEM ha consentito di evidenziare l'occorrenza di anomalie tissutali solo in una frazione moderata dei campioni prelevati vicino o lontano dall'anodo della piattaforma, mentre i campioni di controllo sono risultati quasi completamente privi di alterazioni. In particolare, le alterazioni morfologiche osservate in esemplari raccolti sia lontano che vicino l'anodo sacrificale sono risultate di entità lieve, nella misura in cui gli effetti sono apparsi in assoluto modesti e occorrenti su scala locale con la tessitura complessiva dell'organo non apparsa danneggiata. Tuttavia le indagini SEM e ottiche hanno consentito di evidenziare, localmente, ovvero limitatamente a specifiche aree del tessuto, l'esistenza di un modesto grado di destrutturazione o di lieve disorganizzazione prevalentemente a carico della struttura della rete dei dotti che, anche nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c; 2016), si erano rivelati come le strutture più facilmente oggetto di questo tipo di lievi alterazioni. Più raramente sono state osservate leggere alterazioni in regioni fibrose o cellulate del tessuto.

EPATOPANCREAS



Fig. 3.37 - Epatopancreas da esemplari di controllo.



Fig. 3.38 - Esempi di epitopancreas di esemplari cresciuti **lontano** dall'anodo.

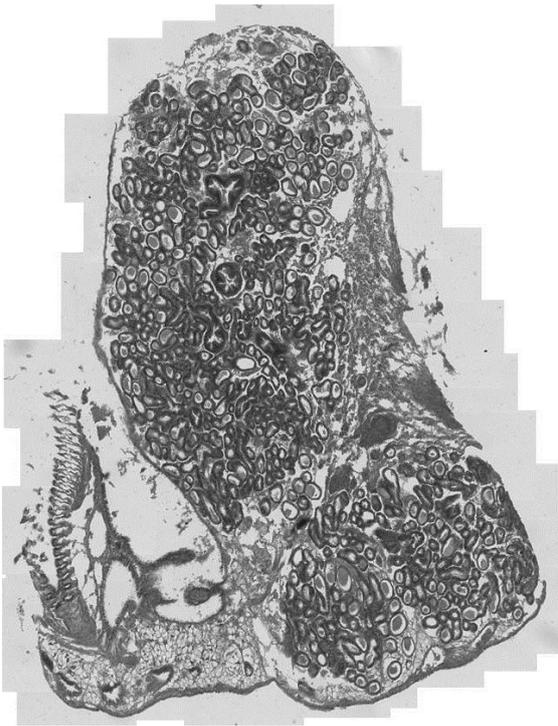


Fig. 3.39 - Esempi di epatopancreas di esemplari cresciuti **vicino** all'anodo.

GONADI

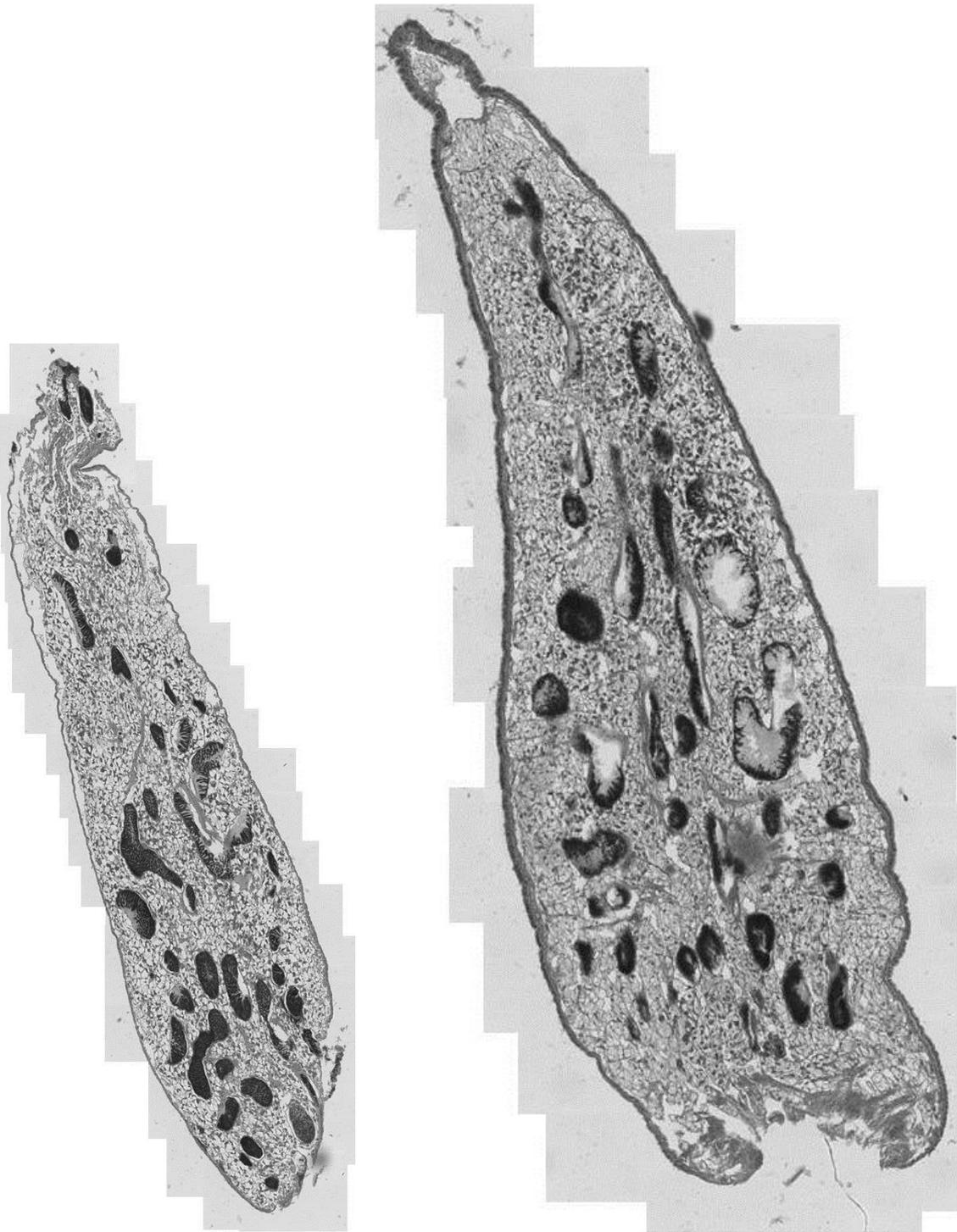


Fig. 3.40 - Esempi di Gonadi provenienti da esemplari di **controllo**.

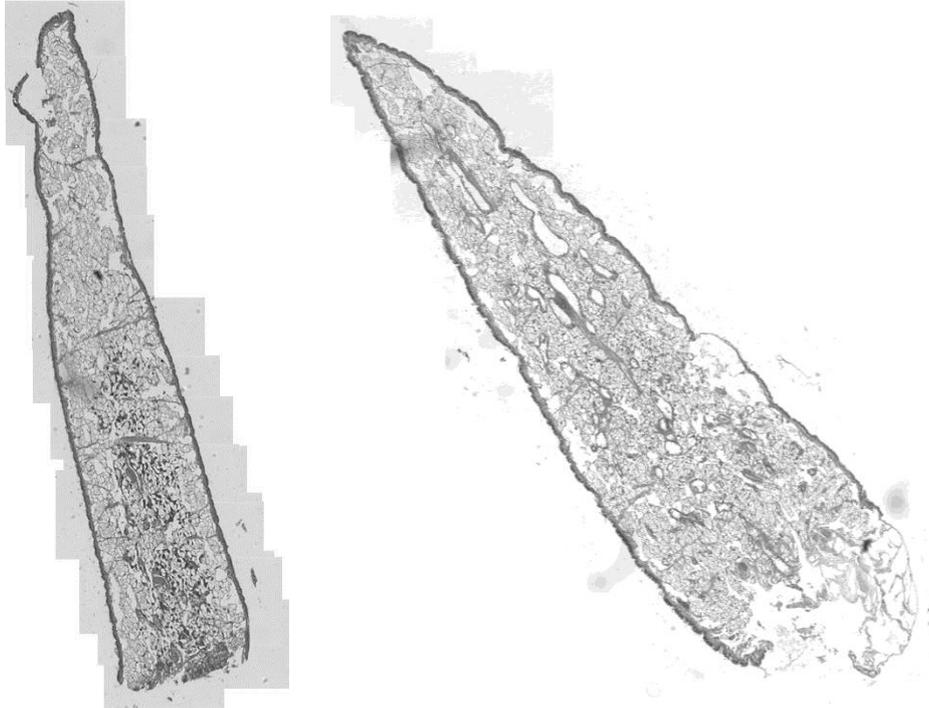


Fig. 3.41 - Gonadi di esemplari raccolti **lontano** dall'anodo.

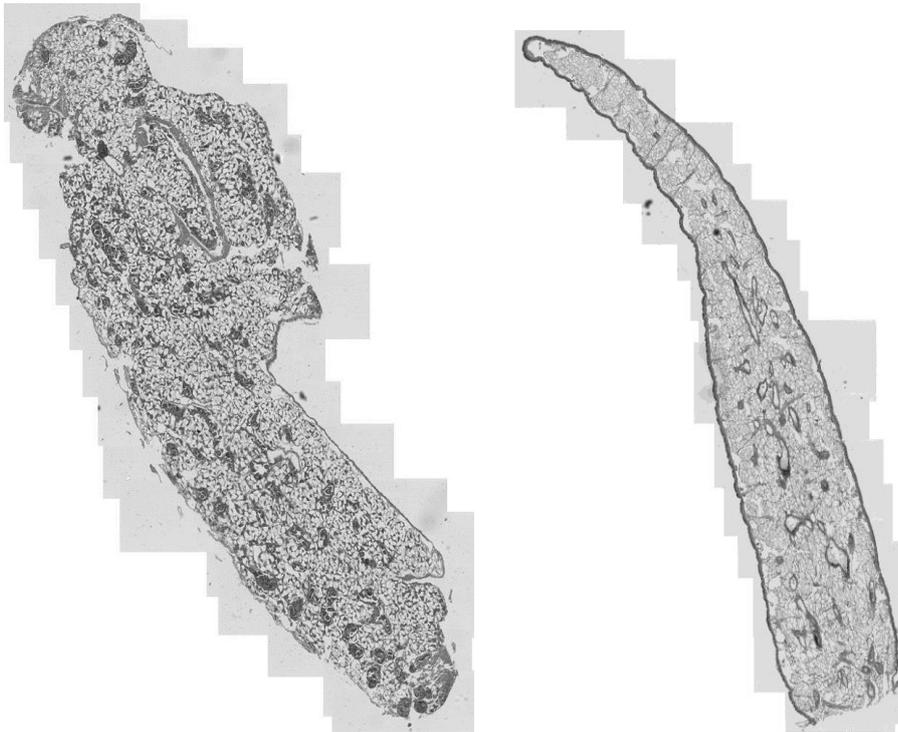
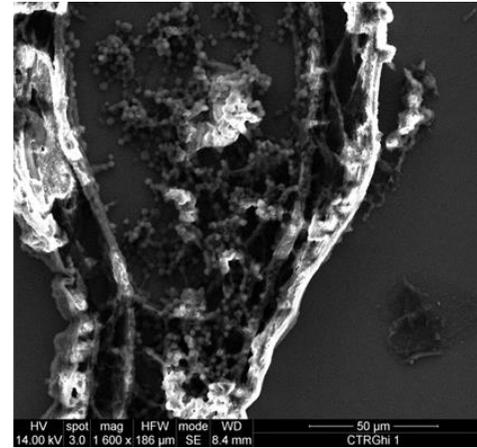
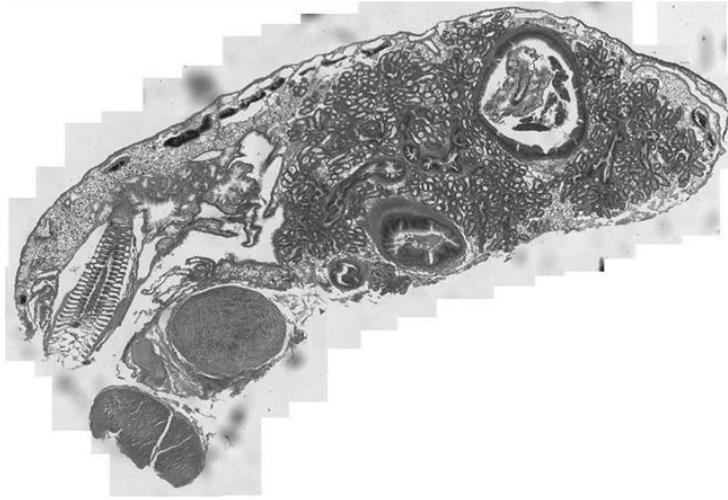


Fig. 3.42 - Gonadi da esemplari raccolti **vicino** all'anodo sacrificale.



Ghi_CTR_1

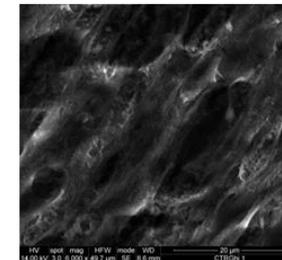
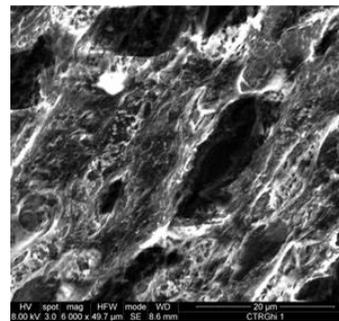
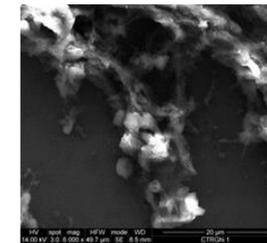
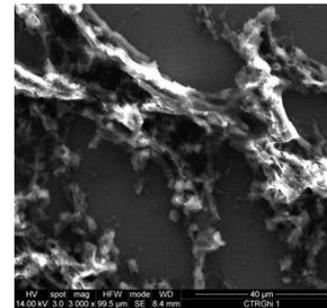
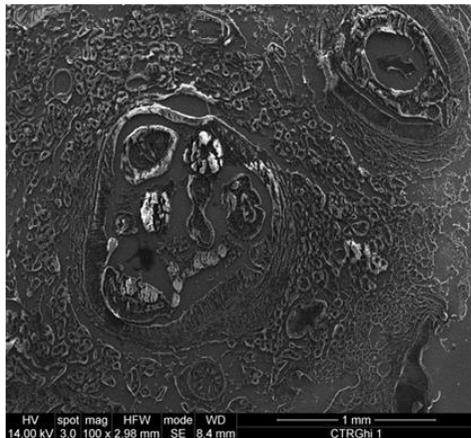


Fig. 3.43 - Analisi SEM di un epatopancreas di un esemplare di **controllo**. In questa e nelle immagini che seguono, i pannelli più piccoli sono ingrandimenti eseguiti in corrispondenza di strutture caratteristiche (nel caso specifico granularità o tessuti fibrosi) presenti nei pannelli più grandi adiacenti.

Ghi_LA_5

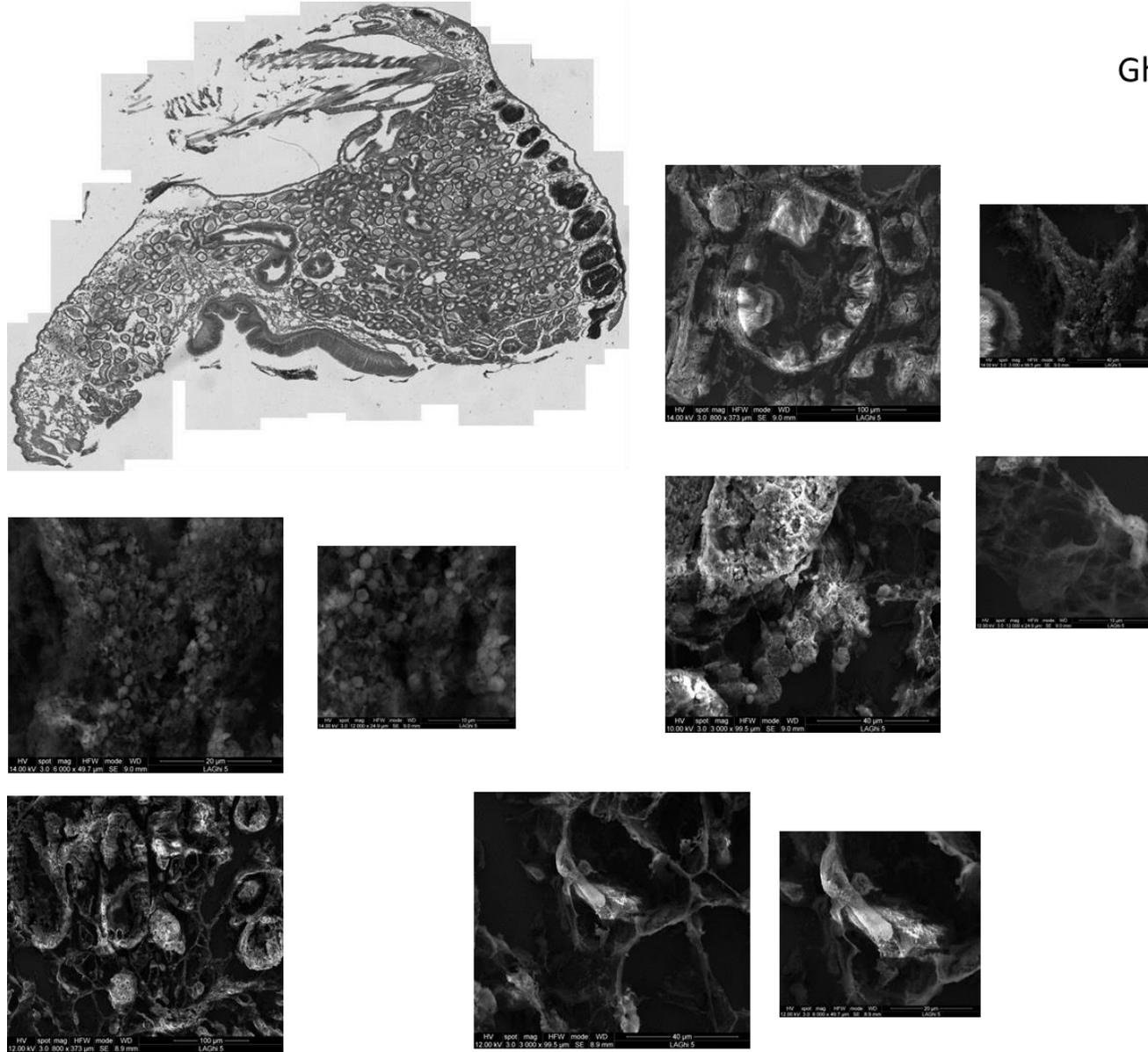


Fig. 3.44 - Analisi SEM di un epatopancreas di un esemplare cresciuto **lontano** dall'anodo sacrificale. Si nota la presenza, in vari punti delle sezioni, di molto materiale nanostrutturato, osservabile spesso sotto forma di granularità.

Ghi_VA_1

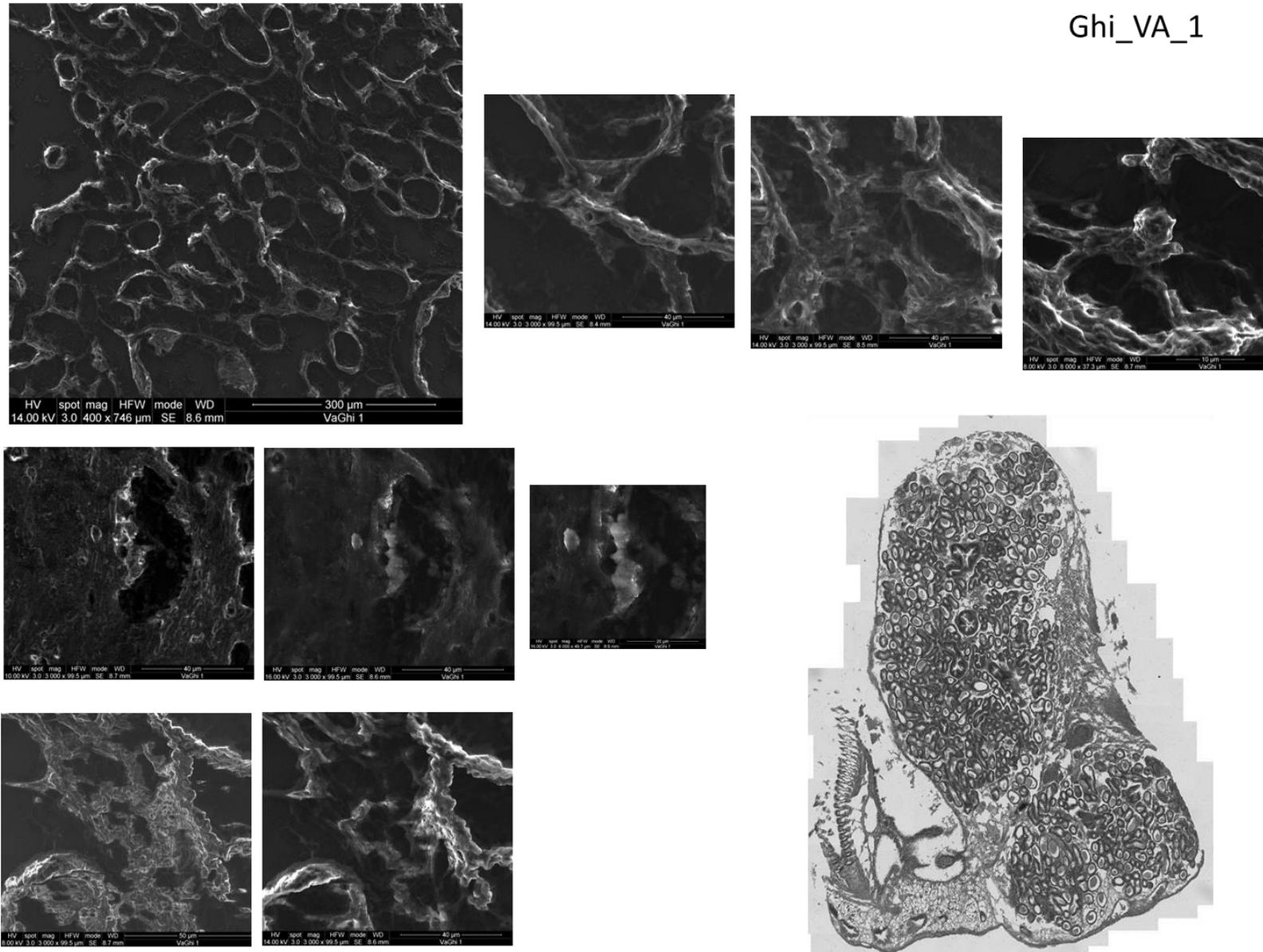


Fig. 3.45 - Analisi SEM di un epatopancreas di un esemplare cresciuto **vicino** l'anodo. Si riportano immagini, a varie scale ed ingrandimenti, della rete dei dotti, (alto), delle zone fibrose (basso) e anche la presenza di strutture nanodimensionate, (nei tre pannelli di mezzo).

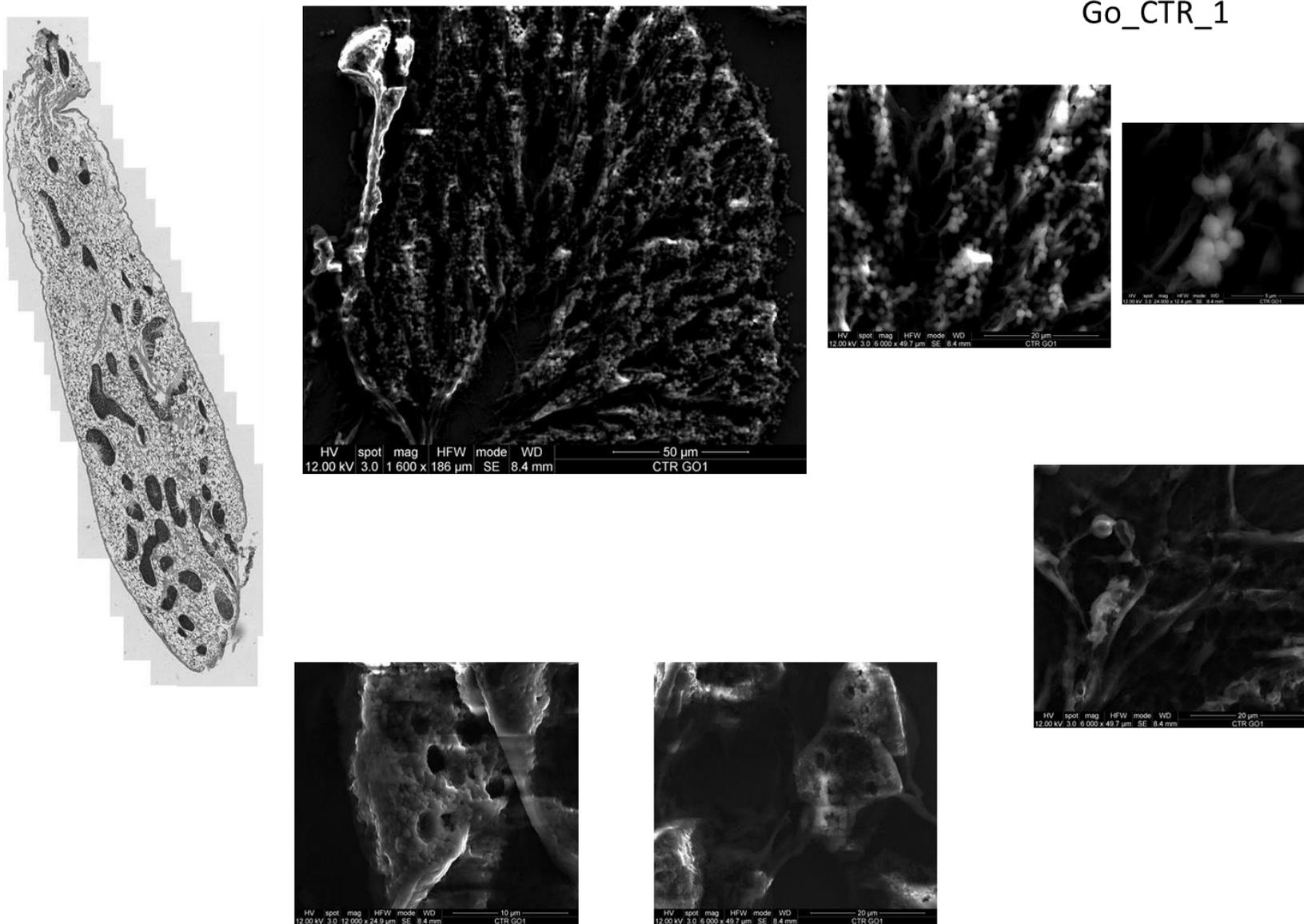


Fig. 3.46 - Analisi SEM di una gonade di un esemplare di **controllo**. Le immagini mostrano vari ingrandimenti delle caratteristiche strutture “ad albero” tipiche degli ghiandole in cui maturano le nanostrutture (di funzione sessuale) osservabili nei pannelli più piccoli.

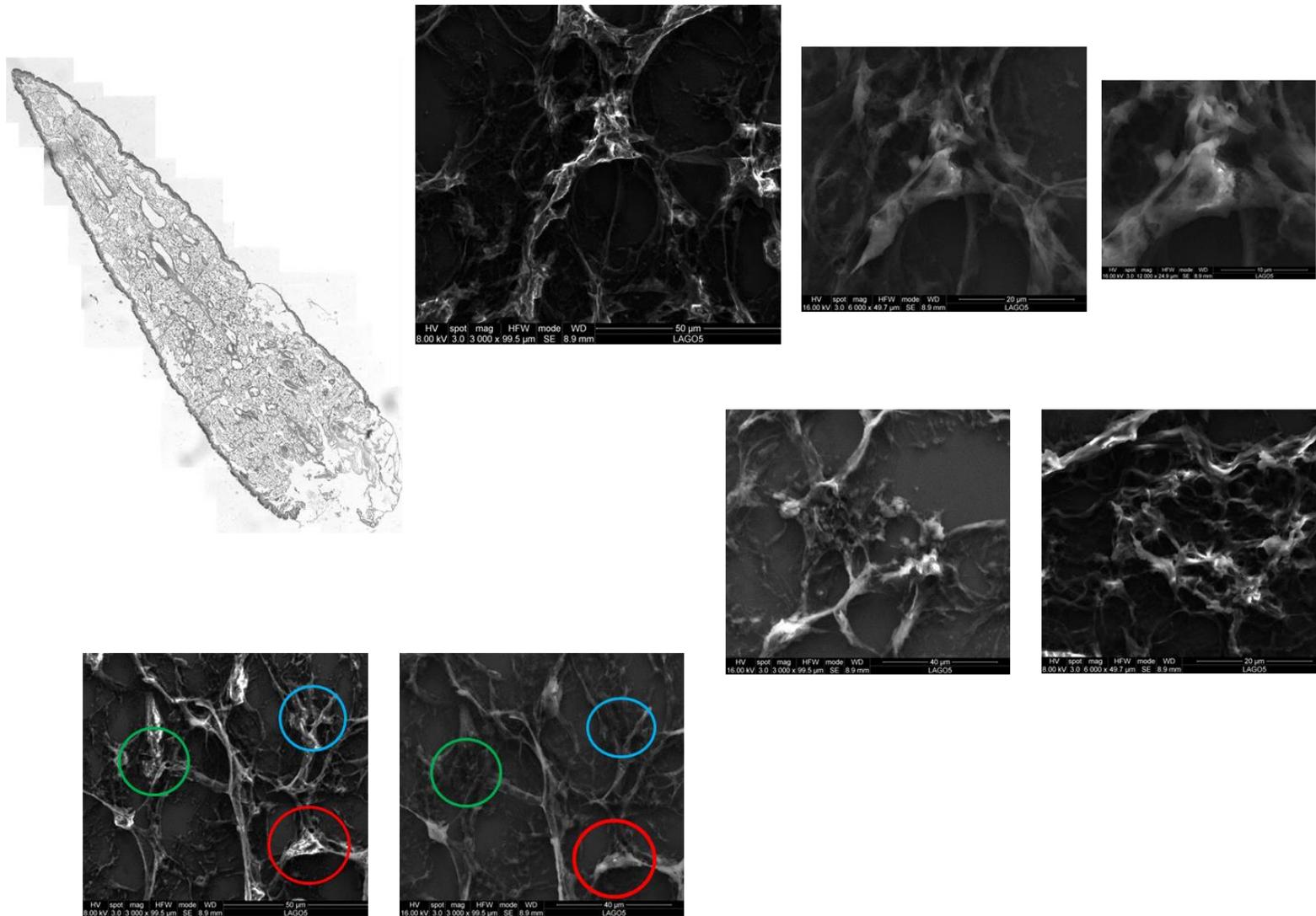


Fig. 3.47 - Analisi SEM di una gonade di un esemplare cresciuto **lontano** dall'anodo. Le immagini mostrano varie nanostrutture osservate all'interno della sezione. Nei due pannelli in basso è riportata una zona analizzata a due diverse energie degli elettroni del SEM, in accordo con una metodologia sviluppata per favorire l'individuazione di nanostrutture esogene. Nei cerchi sono evidenziate alcune nanostrutture di interesse che, alle due energie di imaging, esibiscono un diverso contrasto rispetto all'intorno. Per maggiori dettagli vedi discussione di fig. 3.52 nel testo (pag. 139).

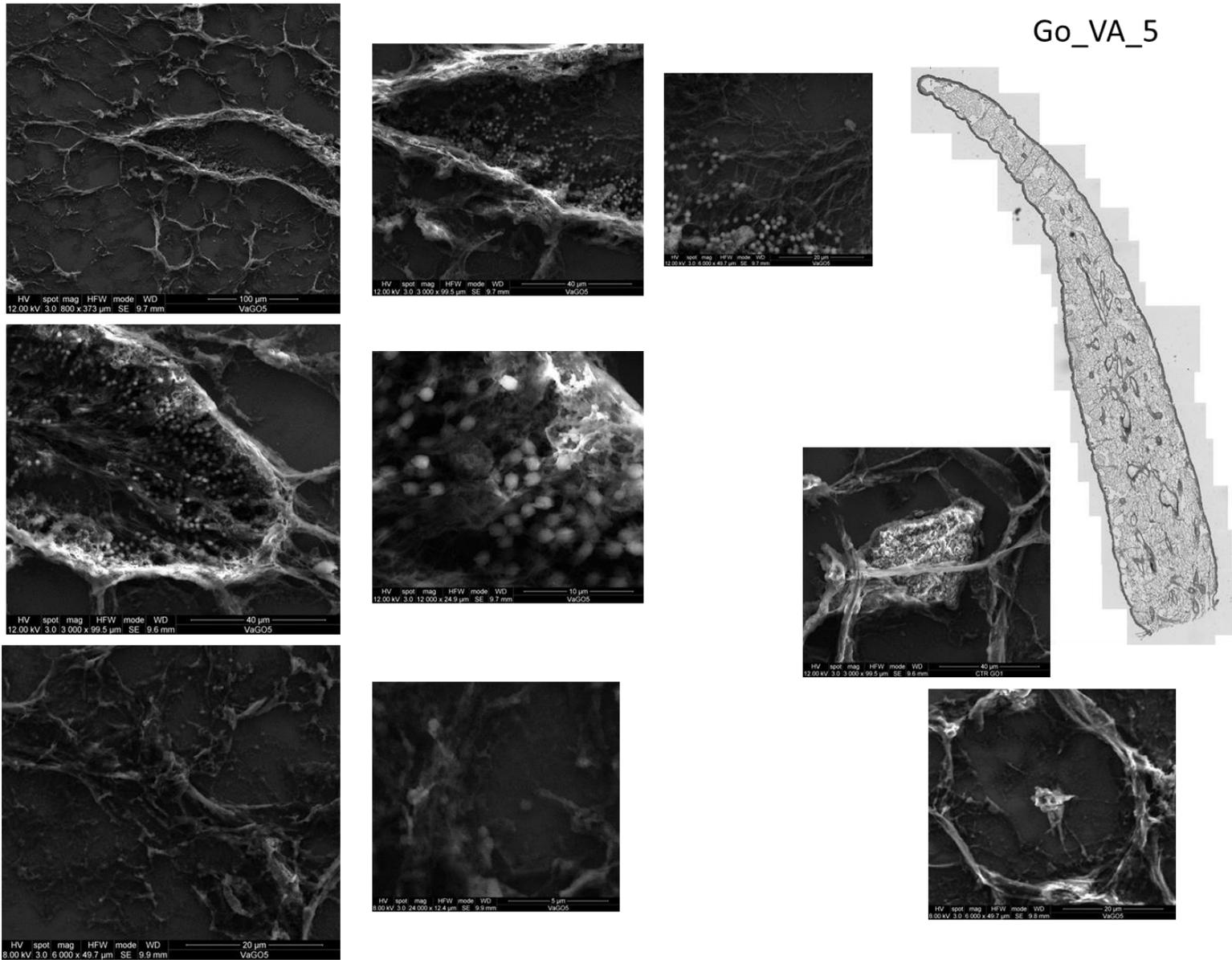


Fig. 3.48 - Analisi SEM di una gonade di un esemplare cresciuto vicino l'anodo sacrificale. Le immagini riportate mostrano l'abbondante presenza di materiale nanostrutturato, di natura fisiologica, osservato all'interno delle ghiandole funzionali delle gonadi.

In Tab. 3-XXIX è riportata una statistica delle distribuzioni delle anomalie morfologiche osservate in funzione del sito di raccolta. I dati riportati si riferiscono alla valutazione cumulata delle sezioni di epatopancreas e gonadi dei mitili effettuata sugli esemplari raccolti nell'estate 2012.

Tab. 3-XXIX - Dati morfologici, riportati in percentuale, relativi alle alterazioni tissutali cumulative osservate mediante microscopia ottica convenzionale e SEM su sezioni di ghiandola digestiva e di gonade (estate 2012).

TUTTI gli ORGANI	Assenza di alterazioni (%)	Lievi alterazioni (%)	Gravi alterazioni (%)
CONTROLLO	95,1	4,9	0
Vicino Anodo	83,3	16,7	0
Lontano Anodo	83,3	16,7	0

Riguardo la distribuzione per organo delle alterazioni morfologiche, va notato che le lievi anomalie sono presenti in entrambi gli organi ma, come nella maggior parte dei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c; 2016), si osservano con una preferenza piuttosto chiara per le ghiandole digestive rispetto alle gonadi. Un'indicazione statistica di questa preferenza è rappresentata dai dati riportati in fig. 3.49 dove sono riportate, per organo, le alterazioni morfologiche osservate in tutti i survey condotti presso la piattaforma Annamaria B fin qui realizzati.

Confrontando gli andamenti delle anomalie morfologiche per sito di campionamento, attribuite sulla base delle analisi delle sezioni ottiche nel corso del tempo, si ottiene l'interessante andamento riportato in fig. 3.50. La figura illustra da un lato l'andamento dei controlli che rivelano sempre un basso livello di alterazioni, e dall'altro il comportamento dei campioni provenienti dai siti VA ed LA nei vari campionamenti. E' interessante osservare come le alterazioni morfologiche (rimanendo sempre classificate come lievi anomalie) tendono a ridursi nel tempo, in termini di frequenze osservate, fino a raggiungere valori stabili che, al momento, sembrerebbero rivelare un effetto residuo, ovvero un valore di fondo persistente nel tempo.

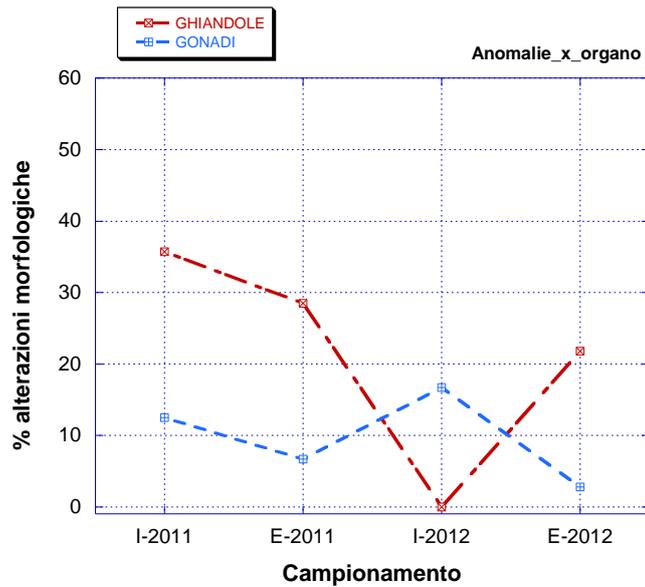


Fig. 3.49 - Alterazioni morfologiche per organo dedotte dalle analisi delle mappature ottiche delle sezioni. I dati sono riportati in funzione del campionamento e mostrano che, con la sola eccezione delle analisi dell'inverno 2012, le ghiandole digestive risultano sempre l'organo più sensibile. Si noti altresì come l'andamento complessivo degli effetti mostra un trend chiaramente decrescente nel tempo. I dati non sono stati rinormalizzati per tener conto degli effetti osservati sui controlli.

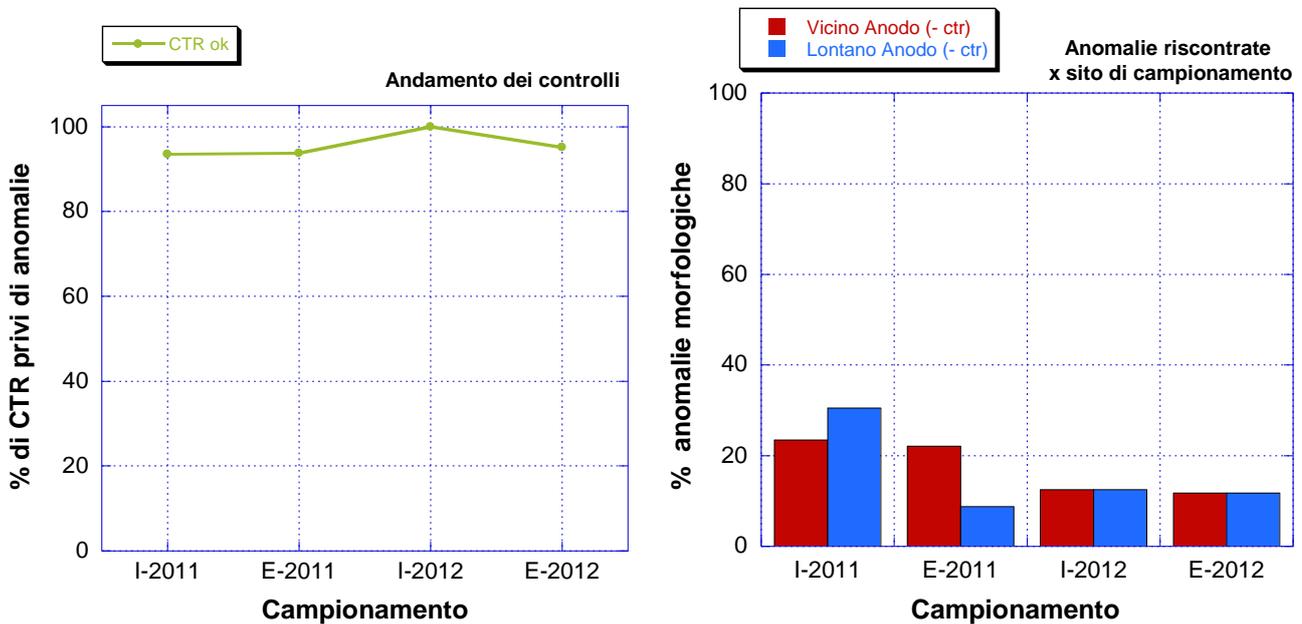


Fig. 3.50 - Andamento delle anomalie morfologiche osservate nei controlli e nei campioni raccolti nei vari siti di campionamento in funzione del tempo. I dati sono stati volontariamente plottati su scala 0-100% in modo da rendere intuitiva l'entità complessiva dei fenomeni e sono stati corretti per gli effetti osservati sui controlli. Nel merito, si nota chiaramente come le alterazioni, osservate con frequenze non trascurabili nei primi campionamenti, si riducono notevolmente al trascorrere del tempo.

Sotto il profilo più strettamente morfologico, l'analisi SEM condotta su una scala strettamente microscopica ha evidenziato la presenza di nanostrutture granulari di forma

approssimativamente sferica in molte delle sezioni analizzate (ad esempio figg. 3.43, 3.44, 3.46 e 3.48). Tali presenze, già per altro ampiamente riscontrate nei monitoraggi precedenti, si è osservata sia nei dotti e nelle strutture tipo-lisosomi presenti nelle ghiandole digestive che, con grande abbondanza e chiarezza di imaging, nelle gonadi. La più semplice interpretazione di tali strutture è stata già in passato correlata a contesti fisiologici e pertanto è legata alla presenza di residui alimentari o alla secrezione di enzimi all'interno dei dotti digestivi, oppure allo sviluppo e alla maturazione sessuata nelle gonadi.

A proposito di quest'ultimo aspetto è interessante notare che rispetto ai controlli (vedi figg. 3.40 e 3.46) le sezioni analizzate provenienti da esemplari cresciuti vicino e lontano dall'anodo hanno spesso mostrato (vedi figg. 3.41, 3.42 e 3.47) una morfologia delle strutture ghiandolari (che appaiono colorate di scuro nelle sezioni ottiche) caratteristica di stadi di sviluppo sessuale più precoci e che, in diversi casi, ricordavano quelli delle gonadi studiate negli stessi siti nel secondo survey (estate 2011; Fabi *et al.*, 2014c). Tale dato potrebbe avere una semplice interpretazione fisiologica spiegata in termini di cicli stagionali.

La presenza di materiale nanostrutturato di matrice fisiologica ha costituito già in passato motivo di riflessione e ha stimolato l'esecuzione di supplementi di indagine per discriminare le nanostrutture esogene dalle molte fisiologiche osservate.

In particolare, negli ultimi survey è stato possibile rilevare la presenza di nanoparticelle esogene attraverso una metodologia piuttosto originale e basata sul confronto di immagini SEM acquisite a diverse energie degli elettroni.

Il fenomeno fisico sfruttato per distinguere nanoparticelle endogene da materiale biologico nanostrutturato è connesso con il diverso potere di scattering che hanno, al variare dell'energia, le nanoparticelle esogene (composte da metalli pesanti) rispetto al materiale biologico circostante. Infatti, nelle immagini ottenute per esemplari raccolti nel sito di controllo (fig. 3.51) il materiale biologico nanostrutturato è sempre ben visibile rispetto alla matrice circostante a tutte le energie (nello specifico nel range 9-16 KeV), mentre il comportamento delle nanoparticelle esogene è ben diverso: data la differenza di composizione le nanoparticelle hanno un massimo di potere diffusivo a energie diverse da quello della matrice biologica in cui sono contenute e, di conseguenza, il loro contrasto varia con l'energia fino al punto che, sopra una certa soglia, le nanostrutture possono sparire (reversibilmente con l'energia) dalle immagini.

Nel survey condotto nell'estate 2012, usando la sopradescritta metodologia, la presenza di materiale nanostrutturato che esibisce, al variare dell'energia, un contrasto "a soglia" è

stata osservata solo in una gonade di un esemplare cresciuto lontano dall'anodo sacrificale i cui dati corrispondenti sono riportati in fig. 3.52 (e in fig. 3.47). L'energia di soglia appare composta riflettendo il fatto che una parte della transizione avviene tra 12 e 14 keV, e un'altra parte avviene tra 14 e 16 keV.

E' opportuno osservare che questa rilevazione fa seguito a quanto era stato precedentemente osservato, sfruttando al medesima metodologia d'indagine, in tre delle sezioni analizzate nell'inverno 2012 e in altri due esemplari studiati nell'estate 2011 (Fabi *et al.*, 2014c; 2016).

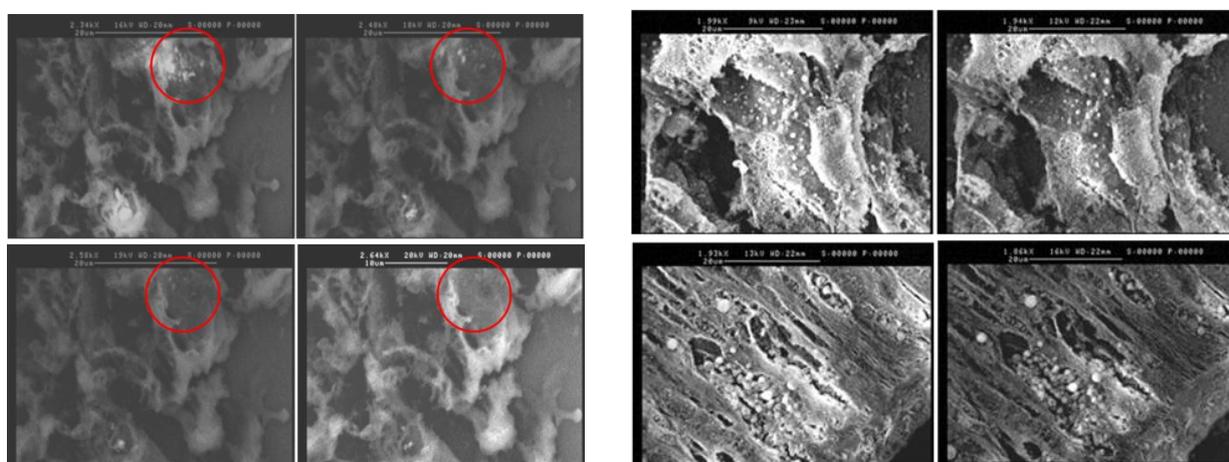


Fig. 3.51 - Dati di riferimento relativi alla variazione del contrasto osservabile tra nanoparticelle esogene e la porzione di campione circostante al variare dell'energia (quattro pannelli di sinistra). La variazione di contrasto può condurre fino alla scomparsa delle strutture. D'altro canto, strutture nano-dimensionate di natura fisiologica (esempi nei quattro pannelli di destra) non esibiscono tale comportamento rimanendo sempre visibili a tutte le energie investigate. I dati riportati in figura sono stati misurati nell'inverno 2012 su epatopancreas di esemplari raccolti vicino l'anodo (sinistra) e nell'estate 2011 su esemplari di controllo (destra).

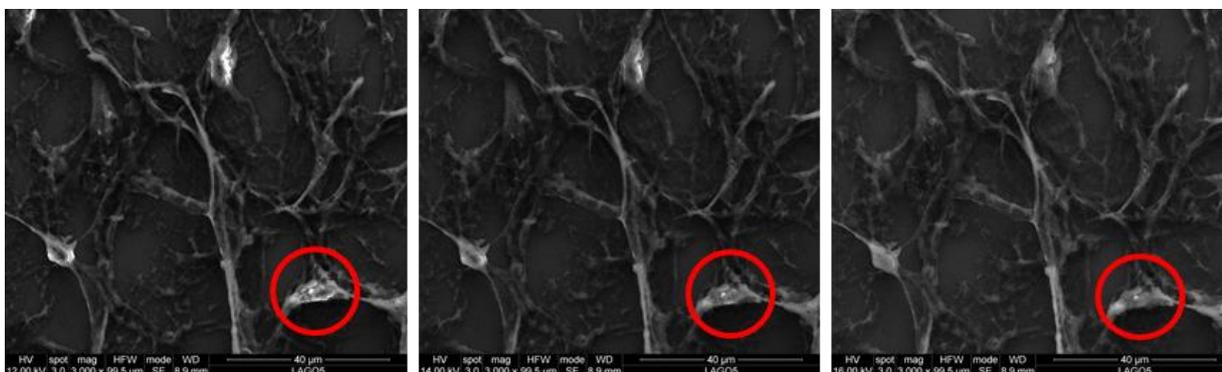


Fig. 3.52 - Presenza di possibili nanoparticelle esogene osservate, nell'estate 2012, su campioni di gonade di esemplari cresciuti **lontano** dall'anodo. L'area è stata campionata anche in fig. 3.47. L'attribuzione delle nanoparticelle è basata sul comportamento delle nanostrutture in immagini SEM acquisite a diverse energie del pennello di elettroni usato per l'imaging.

3.7.3.2 Microscopia AFM

La microscopia a forza atomica è stata utilizzata soprattutto come tecnica per approfondire l'investigazione su sezioni di particolare interesse sebbene, negli ultimi campionamenti, questa tecnica abbia fornito informazioni di pregio anche superiore alle altre tecniche di microscopia utilizzate. Tuttavia l'impostazione dello studio che vede l'AFM come tecnica di raffinamento delle informazioni è assai naturale; infatti, le misure AFM sono piuttosto lunghe e producono immagini quantitative e ad altissima risoluzione spaziale, ma di aree del campione limitate a poche decine di μm (quindi intrinsecamente inadatte a fornire una visione d'insieme del preparato).

In questo quadro, sono state misurate alcune sezioni di controllo (sia gonadi che ghiandole digestive) e, in particolare, sono state analizzate con attenzione le sezioni risultate positive per la presenza di nanoparticelle al SEM e per effetti morfologici allo screening di microscopia ottica convenzionale. I dati presentati di seguito, provengono da ghiandole digestive e da gonadi di esemplari di controllo e di mitili raccolti vicino e lontano dall'anodo sacrificale.

Le immagini acquisite hanno fornito un'interessante descrizione dei tessuti capace di illustrarne la compattezza e regolarità dell'organizzazione e di evidenziare aree (es. figg. 3.53a e 3.53b) in cui i confini delle strutture sono risultati più netti oppure più confusi e indistinti. Spesso, ma non in tutti i casi riscontrati, questo effetto si è osservato in sezioni che anche allo screening ottico avevano evidenziato alcune irregolarità nella struttura della rete dei dotti.

I campioni sono stati analizzati considerando sia le strutture morfologiche, sia le corrispondenti immagini in forze laterali, allo scopo di evidenziare regioni con presenza di contrasti o alterazioni possibilmente riconducibili a una matrice chimica. Quest'ultima modalità di imaging, per altro, ha prodotto spesso un miglioramento della risoluzione delle immagini che favorisce l'identificazione e la valutazione delle strutture tessutali. Esempi molto chiari di questo sono riportati nelle figg. 3.53 e 3.54, dove si rimarca la capacità della lateral force microscopy di discriminare regioni di tessuto dalla matrice polimerica circostante oppure di evidenziare strutture cellulari o dettagli intracellulari.

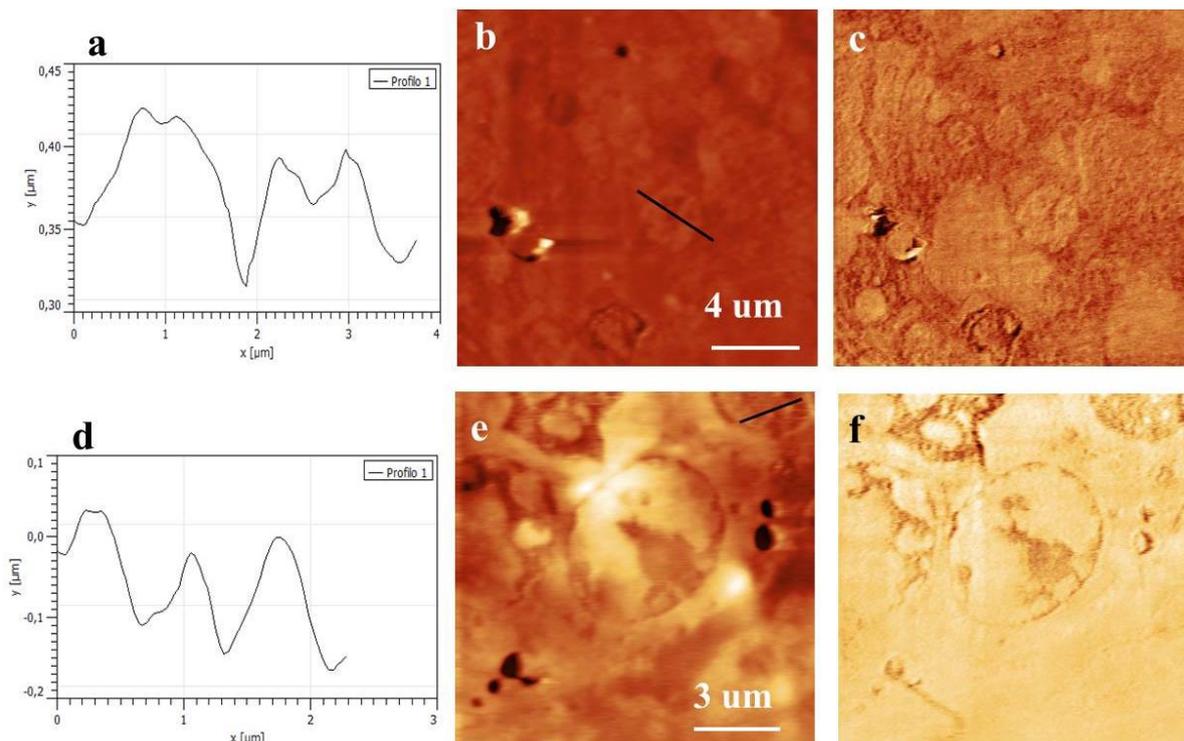


Fig. 3.53 - Ghiandole di esemplari di **controllo**. Sono riportate immagini topografiche (b,e), le corrispondenti immagini di lateral force (c,f) e i profili tridimensionali (a,d) tracciati su strutture di interesse delle immagini topografiche. E' interessante notare come le immagini di lateral force mostrino un contrasto aumentato e siano in grado di discriminare tra loro zone di tessuto e rispetto alla matrice polimerica.

Considerazioni analoghe si possono trarre, in generale e riguardo il comportamento della lateral force, sulle analisi degli esemplari cresciuti vicino o lontano dall'anodo (figg. 3.55 e 3.56). I risultati più importanti di queste misure AFM, però, si sono concentrati su due diverse ghiandole digestive di esemplari cresciuti vicino l'anodo i cui dati sono illustrati nell'figg. 3.57 e 3.58.

In fig. 3.57, infatti, sono riportate immagini, rispettivamente, di un epatopancreas di un esemplare di controllo (a,b) e di uno cresciuto vicino l'anodo sacrificale (c,d). Le immagini mostrano la presenza di nanostrutture in entrambi gli organi ma, mentre quelle fisiologiche viste nel controllo sono neutre nelle immagini di lateral force, quelle osservate nell'animale raccolto vicino all'anodo sono associate a evidenti contrasti di lateral force che ne rivelano una chimica di superficie diversa da quella della matrice circostante e che le fanno proporre come possibili nanoparticelle esogene. E' interessante osservare l'analogia di questo dato con il comportamento "a soglia" del contrasto delle nanoparticelle attribuite come esogene sulla base delle immagini SEM.

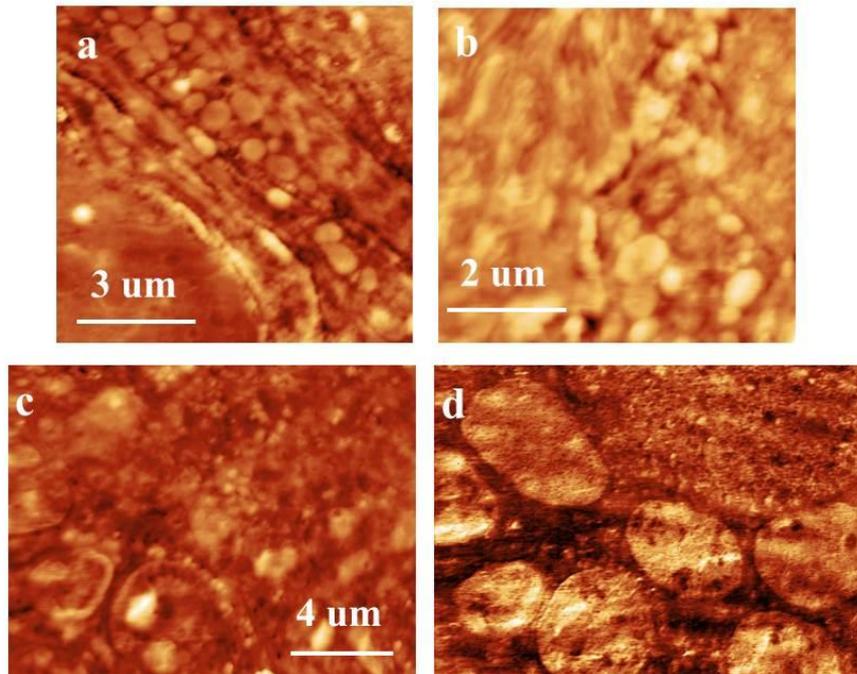


Fig. 3.54 - Gonadi di esemplari di **controllo**. Le immagini dei pannelli (a,b,c) sono topografie rappresentanti diverse zone di tessuto con aree cellulare e regioni con diverso grado di organizzazione, mentre il pannello (d) rappresenta l'immagine di lateral force corrispondente alla topografia in (c).

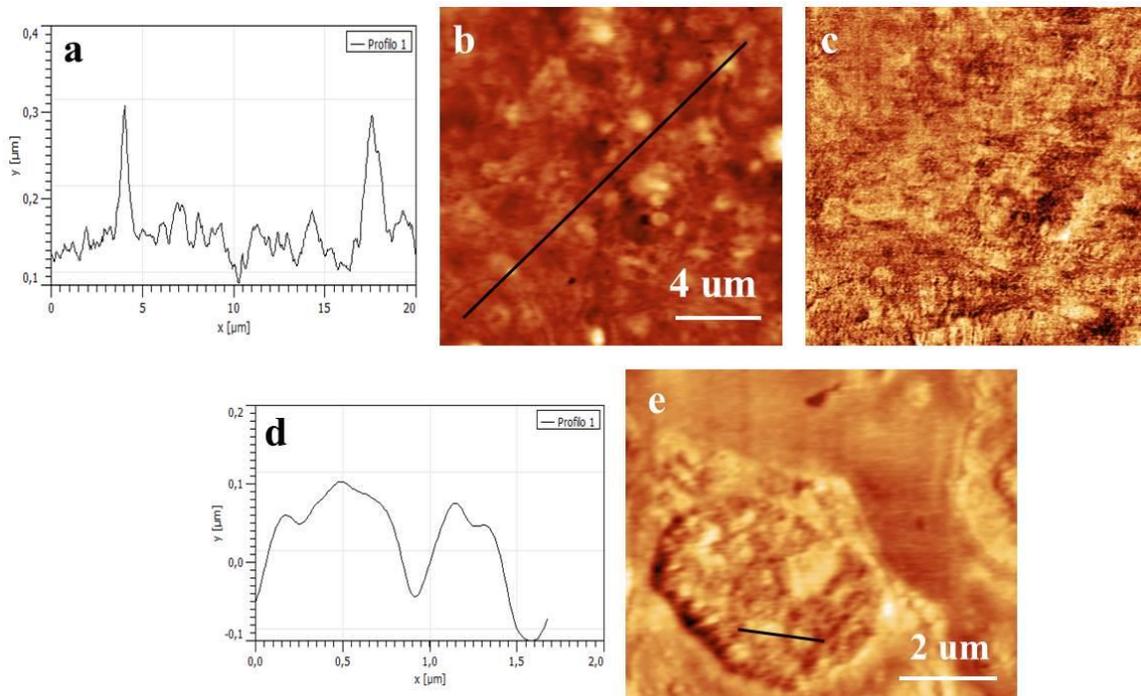


Fig. 3.55 - Esempi di ghiandole digestive di esemplari cresciuti **vicino** (a,b,c) e **lontano** (d,e) l'anodo sacrificale. I contrasti di lateral force e le strutture osservate (contorni e sezioni di cellule, particolari di dotti di accesso all'organo etc.) sono, sostanzialmente, analoghe a quelle viste negli esemplari di controllo.

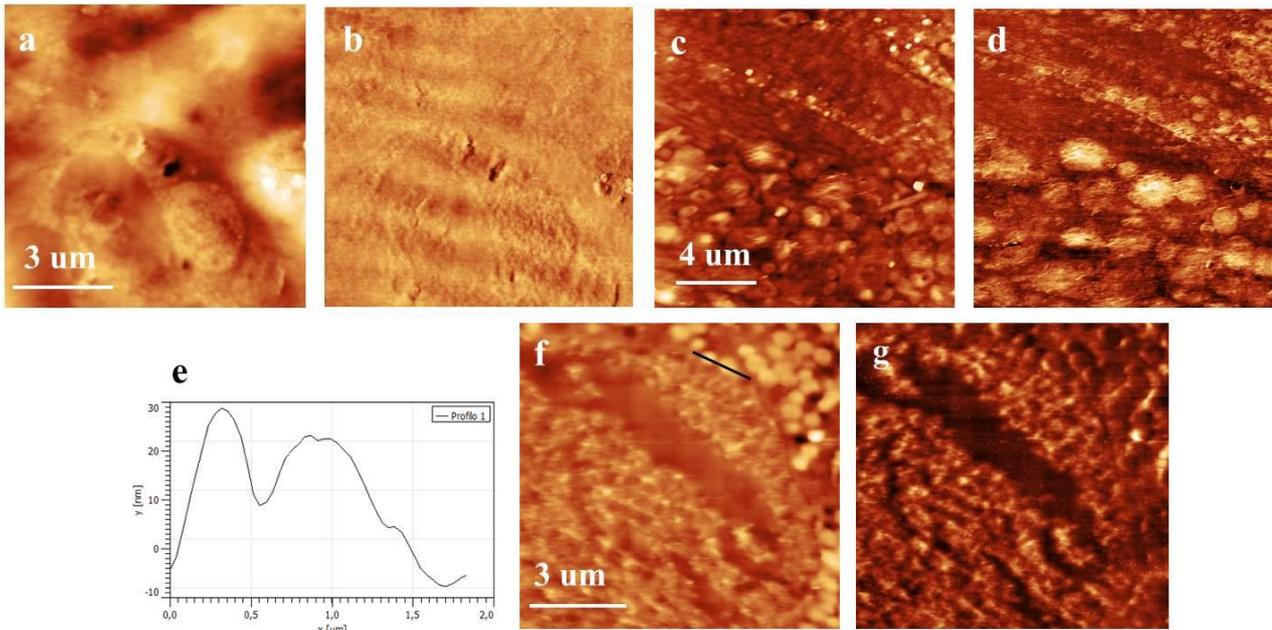


Fig. 3.56 - Immagini di gonadi da esemplari cresciuti **lontano** (pannelli in alto) o **vicino** (pannelli in basso) l'anodo sacrificale. Nella figura sono riportate immagini topografiche (a,c,f), le corrispondenti lateral force (b,d,g) e un profilo tridimensionale tracciato lungo la linea nera in (f).

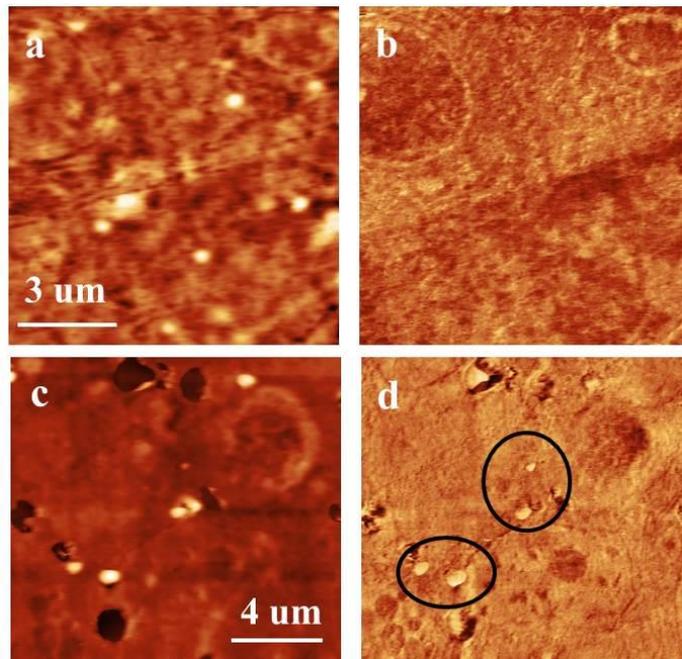


Fig. 3.57 - Ghiandole di animali di **controllo** (a,b) e provenienti da esemplari cresciuti **vicino l'anodo** (c,d). Notare che nei campioni di controllo le nanostrutture (sferette chiare nell'immagine topografica) non danno luogo a contrasti di attrito, invece nei campioni di mitilo raccolti vicino all'anodo riportati nei pannelli (c,d) le nanostrutture danno luogo ad un contrasto nell'immagine di lateral force (d) evidenziato dai cerchi neri.

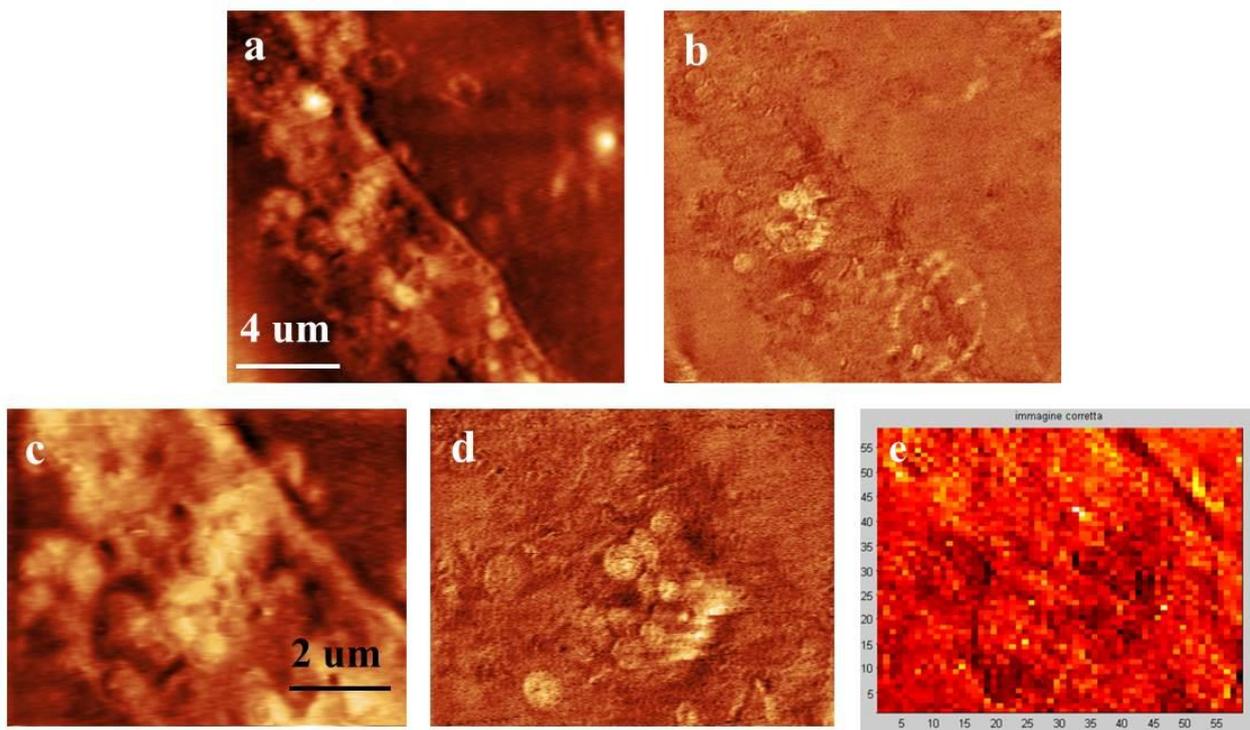


Fig. 3.58 - Immagini AFM misurate su una ghiandola digestiva di un esemplare raccolto **vicino l'anodo**. Le immagini del pannello c (topografia) e del pannello d (lateral force) sono ingrandimenti delle immagini riportate in a (topografia) e in b (lateral force). Nel pannello e è riportata una mappa di durezza meccanica del campione misurata, punto per punto, nella stessa area dei pannelli c,d con una procedura sperimentale basata sull'analisi di curve di forza acquisite in ogni pixel della mappa stessa.

Similmente in fig. 3.58, a due diversi ingrandimenti successivi, è evidente un'area del campione in cui si osserva chiaramente la presenza di strutture sferiche di dimensioni sulla scala delle centinaia di nm che manifestano un chiaro contrasto nelle immagini di lateral force. Nell'immagine del pannello (b), in particolare, alcune nanoparticelle sembrano contenute in una struttura ellissoidale anch'essa invisibile nell'immagine topografica. E' interessante notare che la regione occupata dalle nanoparticelle in fig. 3.57(c,d) risulta anche distinguibile a una mappatura, punto per punto, delle proprietà meccaniche della sezione analizzata ottenuta usando la punta dell'AFM come un nano-indentatore reversibile. La figura 3.57(e), specificamente, è una mappa del modulo di Young (associabile alla durezza del materiale) del campione e la regione occupata dalle nanoparticelle appare come una vasta regione più scura che occupa la parte centrale dell'immagine ed è distinguibile dalla circostante matrice biologica. Queste particolarità delle nanostrutture osservate ne propone con forza una natura esogena.

La procedura appena descritta, benché sperimentale su campioni di questo grado di complessità, è stata applicata nel rispetto di protocolli di misura ed elaborazione dati consolidati e ben referenziati e sfruttando supporti software di acquisizione ed elaborazione

dati sviluppati all'interno del laboratorio di microscopia SPM dell'Istituto di Struttura della Materia del CNR.

Anche nei due casi di nanostrutture esogene presentati nelle figg. 3.57 e 3.58, in accordo con quanto già osservato nella maggior parte dei campionamenti precedenti, la presenza di nanoparticelle sembra essere un fenomeno strettamente locale, nella misura in cui non sembra indurre effetti dannosi su scala più larga.

Riassumendo, è possibile affermare che le misure AFM hanno contribuito a completare e ad arricchire, soprattutto in ragione degli effetti osservabili nelle immagini di lateral force, una descrizione sulla scala mesoscopica e microscopica dei tessuti. Tale descrizione da un lato conferma modeste alterazioni morfologiche aventi luogo a seguito dell'esposizione ambientale, ma dall'altro individua in due sezioni di ghiandole digestive la presenza di nanoparticelle incluse nella matrice del tessuto che, per diverse caratteristiche chimico-fisiche misurate, si caratterizzano come materiale esogeno nanostrutturato.

Anche nel survey precedente le analisi di microscopia AFM avevano individuato in due sezioni di ghiandola (una VA ed una LA) la presenza di materiale nanostrutturato assegnato a natura esogena (Fabi *et al.*, 2016). Similmente, nei due campionamenti del 2011 in altre due ghiandole (una per ciascun tempo di campionamento) era stata osservata la presenza materiali nanodimensionati con caratteristiche tali da proporli come inquinanti esogeni (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c).

Sulla base di queste osservazioni è possibile fare alcune considerazioni generali basati sul confronto dei dati del presente survey con quelli precedenti della stessa piattaforma:

- (i) viene confermata anche dall'AFM una predominanza quasi esclusiva di effetti nelle ghiandole digestive rispetto a quelli osservati nelle gonadi.
- (ii) le indagini AFM risultano estremamente potenti per la loro capacità di individuare nanoparticelle o nanostrutture e osservarne le caratteristiche chimico-fisiche in modo tale da consentirne una attribuzione endogena oppure esogena.
- (iii) Benché nella quasi totalità dei casi la presenza di nanoparticelle esogene non sembra perturbare il tessuto circostante, i dati AFM sono finora gli unici ad aver evidenziato che è possibile il contrario: ovvero è possibile che una nanoparticella esogena possa determinare effetti misurabili in aree di tessuto circostante (dato del survey condotto in inverno 2012; Fabi *et al.*, 2016).

3.7.3.3 Spettroscopia FTIR

Le misure sono state eseguite su varie sezioni appartenenti sia a gonadi che a epatopancreas di diversi esemplari utilizzando un set-up di misura in trasmissione.

Una premessa opportuna è che l'analisi all'infrarosso di campioni così complessi presenta varie difficoltà. Infatti le intensità dei numerosi picchi osservati (e così pure le *baseline*), ciascuno riconducibile a risonanze vibrazionali di singoli legami chimici, seguono dinamiche proprie e complesse, rendendo assai difficile l'interpretazione molecolare dei dati stessi. Pertanto, si è deciso di considerare in dettaglio solo le variazioni spettrali più marcate e oggettive, ovvero quelle associabili a shift di frequenza oppure alla scomparsa dei picchi studiati.

La zona spettrale di maggiore interesse è risultata quella dei picchi delle proteine, ovvero tra circa 800 e 2000 cm^{-1} , dove si possono osservare le principali componenti del segnale: i picchi dell'Amide I, Amide II, modi di stretching del C-H e di bending del C-H₂. D'altro canto la zona spettrale dei lipidi (2000-3000 cm^{-1}) è risultata poco informativa e pertanto, pur avendola acquisita ed elaborata, non sarà discussa in dettaglio.

I risultati più interessanti di questa tornata di misure sono riportati di seguito.

E' da rilevare che la qualità degli spettri acquisiti sulle ghiandole digestive in quest'ultimo run di esperimenti ha risentito negativamente di problemi di rumore, prevalentemente attribuiti alle ridotte dimensioni dei campioni. Per conseguenza, gli spettri acquisiti sono risultati più rumorosi rispetto ai survey precedenti e l'attribuzione dei picchi osservati è risultata più complicata come risulta anche dalla mappatura aggiornata delle posizioni dei picchi FTIR riportata in Tab. 3-XXX. I dati lì riportati, riferiti ai controlli e comparati tra gli ultimi tre survey indicano una buona corrispondenza complessiva tra i diversi set di dati.

Benché non sia ancora possibile associare sistematicamente i picchi osservati a specifici elementi chimici presenti nei campioni, questa procedura è comunque preziosa poiché apre la strada alla realizzazione di un database spettroscopico per una classe di campioni di tale complessità.

Anche nell'estate 2012 sono stati eseguiti confronti per valutare la variabilità intrinseca dei dati misurati su un medesimo organo in esemplari diversi (fig. 3.59). Così come osservato in precedenza, è stato riscontrato un certo grado di variabilità intrinseca che, però, influenza essenzialmente aspetti quantitativi degli spettri (ovvero intensità assolute o relative di specifiche strutture spettrali), mentre gli aspetti qualitativi come presenza e posizione dei picchi, aspetto primario per queste analisi, sono risultati poco o per nulla influenzati.

Tab. 3-XXX - Mappatura spettroscopica dei picchi IR presenti negli epatopancreas dei controlli. I dati sono stati misurati nei campionamenti dell'estate 2011 e delle due stagioni del 2012. La peggiore qualità degli spettri relativi all'ultimo survey rispetto ai due precedenti è la principale causa del minor numero di picchi attribuiti nel presente run di misure.

N° d'ordine	Posizione (cm ⁻¹)	AM B E 2011	AM B I 2012	AM B E 2012		N° d'ordine	Posizione (cm ⁻¹)	AM B E 2011	AM B I 2012	AM B E 2012
1	910	X	X	X		15	1384	X	X	X
2	1039	X	X	X		16	1390	X	-	
3	1076	X	X	X		17	1401	X	X	
4	1121	X	X	X		18	1408	X	X	X
5	1161	X	X	X		19	1412	X	X	X
6	1232	X	X	X		20	1420	X	-	X
7	1264	X	X	X		21	1428	X	X	X
8	1291	X	X			22	1435	X	X	
9	1301	X	X			23	1440	X	X	
10	1312,5	X	X	X		24	1446	X	X	
11	1332	X	X	X		25	1452	X	X	X
12	1357	X	X			26	1463	X	X	
13	1364	X	X	X		27	1468,5	X	X	X
14	1380	X	X			28	1474	X	X	

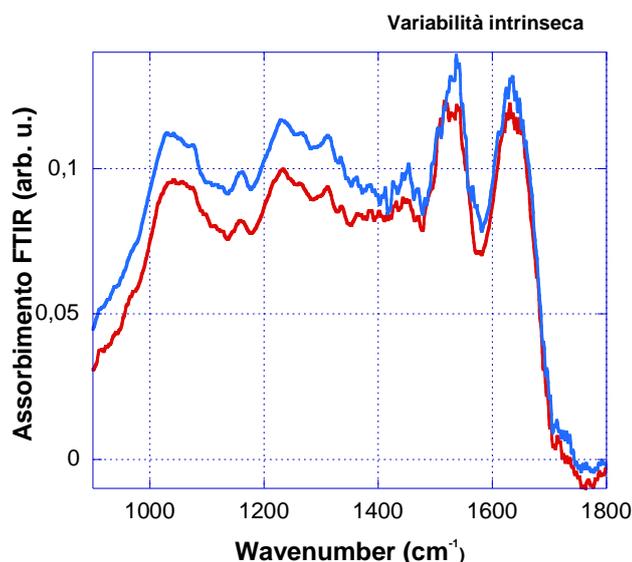


Fig. 3.59 - Esempi di variabilità intrinseca misurata nelle ghiandole di diversi esemplari prelevati **lontano** dall'anodo. Va notato come la totalità dei marcatori spettroscopici sia presente in tutte le sezioni, mentre si segnala un effetto di modulazione nei rapporti di intensità tra i picchi, da tenere presente nell'analisi dei dati.

In fig. 3.60 sono presentati i dati tipici di ghiandole digestive (pannello in alto) e di gonadi (in basso) misurati nell'estate 2012.

Sfortunatamente il rumore intrinseco degli spettri misurati in questo survey rende complicata l'analisi (soprattutto nelle regioni comprese tra 1400 e 1500 cm⁻¹); tuttavia, anche un'analisi superficiale sarebbe sufficiente a garantire che le caratteristiche spettroscopiche fondamentali di tutti gli spettri sono ben conservate.

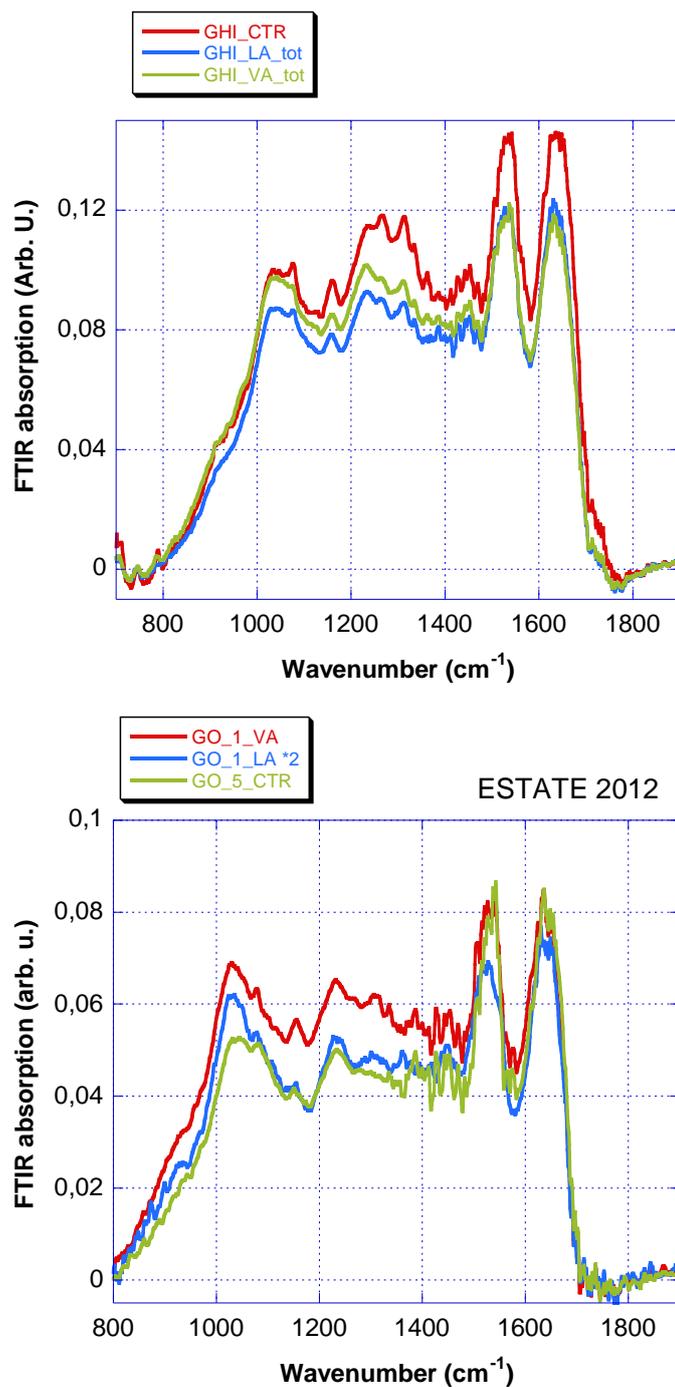


Fig. 3.60 - Tipici spettri di ghiandola digestiva (pannello in alto) e di gonade (pannello in basso) misurati nei mitili prelevati al controllo e negli esemplari cresciuti vicino e lontano dall'anodo sacrificale.

Un'analisi più dettagliata dei dati delle ghiandole digestive è presentata in fig. 3.61, dove la regione $1000-1400\text{ cm}^{-1}$ è stata ingrandita per evidenziare le differenze spettroscopiche più fini che, nello specifico, risultano a carico dei picchi a 1163 e a 1122 cm^{-1} i quali, nei campioni cresciuti lontano dall'anodo sacrificale, sono scarsamente identificabili. A parte

queste modulazioni, aventi luogo per altro su picchi di modesta rilevanza, non si segnalano altre variazioni spettroscopicamente importanti.

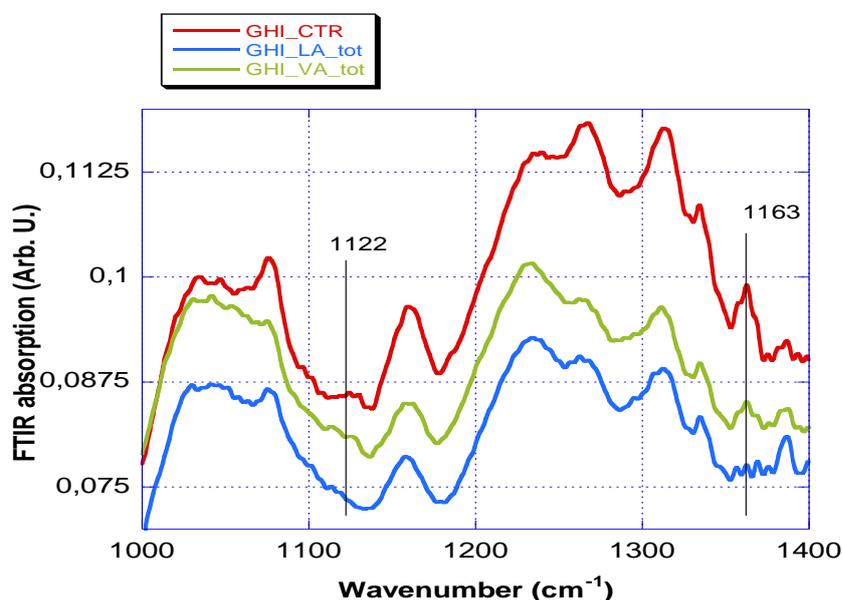


Fig. 3.61 - I principali marcatori spettroscopici osservati negli epancreas analizzati. Gli unici effetti qualitativamente rilevanti sono associati alle strutture a 1163 e 1122 che, nei campioni lontano anodo, sono scarsamente identificabili.

Nelle figg. 3.62 e 3.63 sono riportati alcuni confronti tra i dati correnti e gli spettri di epancreas e di gonadi misurati nell'inverno 2012. Indipendentemente dai diversi trattamenti degli spettri e dalle differenze nelle linee ottiche di misura è interessante osservare che tutti gli spettri misurati conservano una forte analogia, sia in termini complessivi che in termini di posizione e *lineshape* di tutte le principali strutture spettroscopiche osservabili all'infrarosso. Le variazioni tra campioni cresciuti in siti diversi, dunque, si osservano solo su strutture spettroscopiche di secondaria rilevanza di cui sono un esempio le strutture a 1163 e a 1122 cm^{-1} individuate nell'estate 2012.

Questo quadro complessivo di sostanziale invarianza, che conferma il dato dedotto dalle microscopie ottiche, depone a favore di effetti modesti in termini di alterazioni strutturali delle sezioni di epancreas e di gonade analizzate.

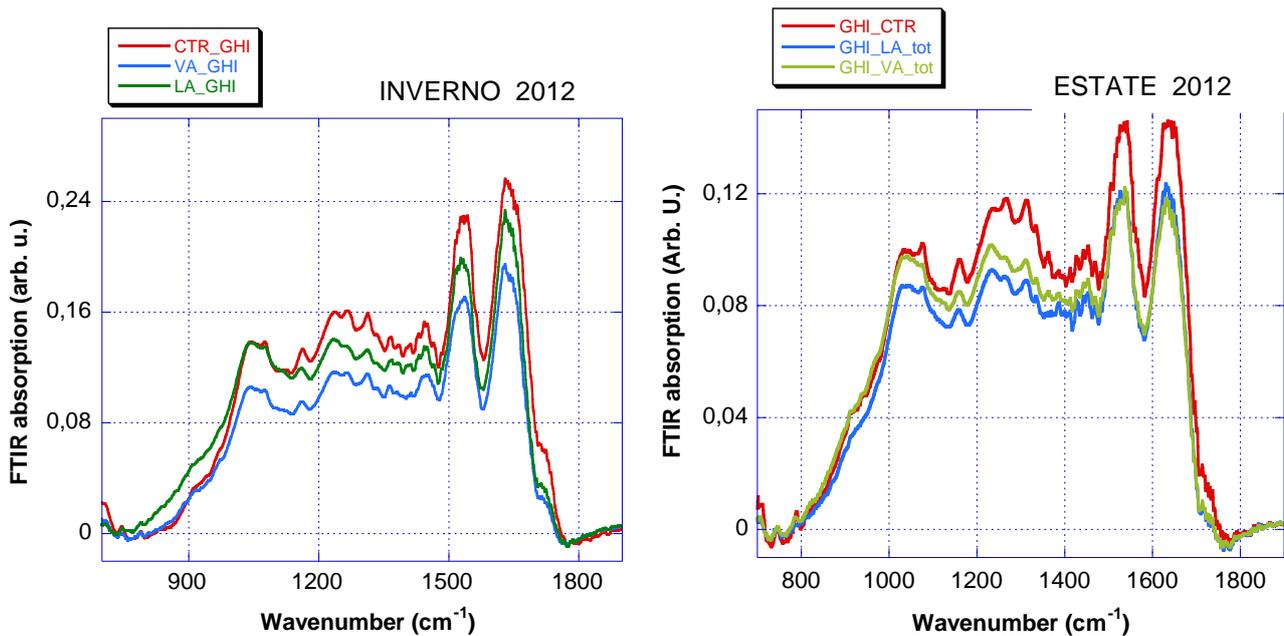


Fig. 3.62 - Confronti tra spettri FTIR di epatopancreas misurati negli ultimi due survey (inverno 2012 ed estate 2012) estratti da mitili provenienti dal sito di controllo e da animali raccolti lontano e vicino all'anodo sacrificale. Il confronto, benché risenta del maggior livello di rumore presente nei dati dell'estate 2012, mostra un grado di variabilità piuttosto basso e una sostanziale analogia degli spettri.

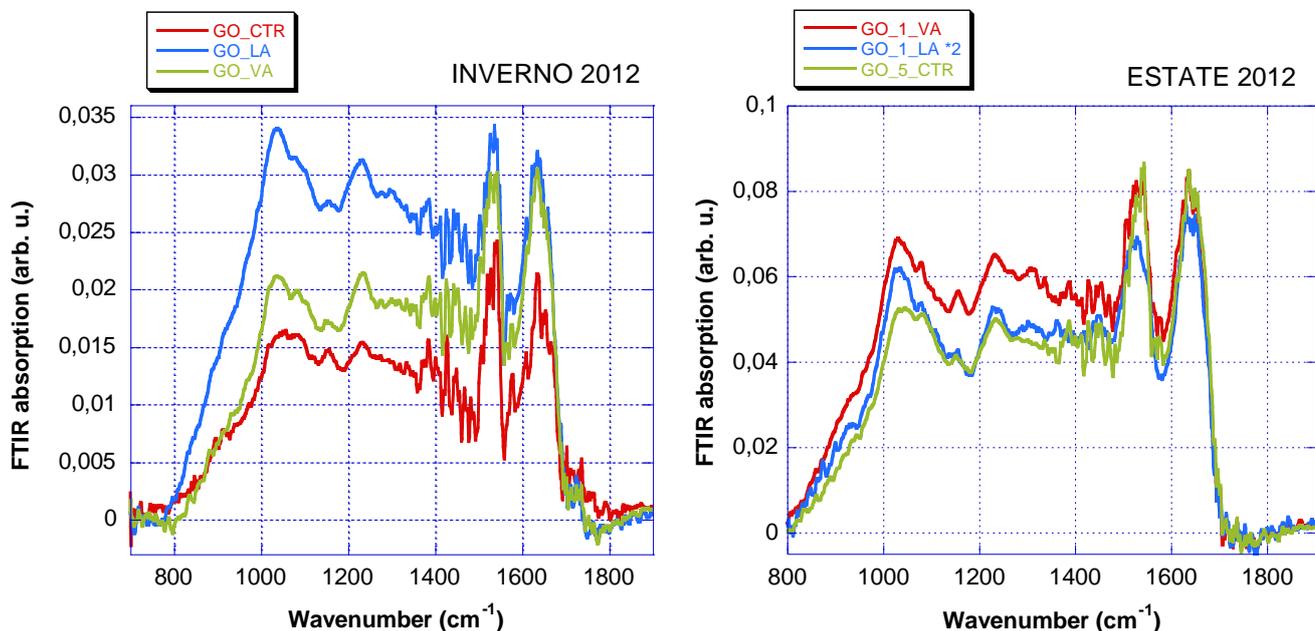


Fig. 3.63 - Confronti tra spettri FTIR di gonadi estratte da controlli mitili provenienti dal sito di controllo e da animali cresciuti lontano e vicino l'anodo sacrificale e misurate negli ultimi due survey survey (inverno 2012 ed estate 2012). Questa volta il confronto è limitato del maggior livello di rumore presente nei vecchi dati dell'inverno 2012. Al netto di questo effetto si può concludere che esiste una sostanziale analogia in tutti gli spettri misurati.

Alle medesime conclusioni si potrebbe giungere se i confronti dei dati correnti fossero allargati (dato non riportato) ai precedenti due survey del 2011 (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c). Come già accennato, un'interpretazione molecolare puntuale di tutti i picchi osservati in campioni così complessi non è ancora stata realizzata, a maggior ragione quando le alterazioni hanno luogo su strutture spettroscopiche secondarie; tuttavia, qualche conclusione generale è tracciabile: in particolare stando ai database specialistici, le alterazioni osservate non risultano associabili a una misura diretta di marcatori metallici nei campioni, dunque le modeste differenze si possono più verosimilmente rappresentare come più generici indicatori di stress se non, addirittura, a variazioni biochimiche in atto di natura essenzialmente fisiologica.

3.8. COMUNITÀ BENTONICA

3.8.1. DENSITÀ (N)

Nell'estate 2012 i due transetti hanno presentato andamenti relativi alla densità molto simili, caratterizzati da un incremento a 120 m a Nord, una riduzione sino ai siti adiacenti alla piattaforma e da un aumento verso Sud (fig. 3.64). L'unica differenza tra i due ha riguardato le stazioni poste a 60 m a Sud, dove lungo B si è registrato un incremento molto più evidente rispetto ad A, seguito da un decremento a 120 m.

A parità di distanza dalla piattaforma i valori di N sono risultati comparabili solo in corrispondenza della struttura, a 120 m in entrambe le direzioni e a 30 e 250 m a Sud. Presso i siti di controllo sono state ottenute densità comparabili con poche stazioni dei transetti, essendo inferiori a quelle registrate alle massime distanze di A e B e superiori a quelle delle stazioni adiacenti ad Annamaria B o a 30 m da essa (eccetto B4).

Rispetto all'inverno precedente è stata osservata una riduzione generalizzata che non ha riguardato solo pochi siti rimasti invariati come quelli a 60 m a Nord della piattaforma, quelli a 250 m a Sud e 3 controlli su 4 (Fabi *et al.*, 2016).

Per quanto concerne le specie più abbondanti (Tab. 3-XXXI), è stata confermata la prevalenza di *Ditrupa arietina* nella maggior parte delle stazioni monitorate, già osservata sin dalla messa in produzione della piattaforma (Fabi *et al.*, 2016). In particolare, questo polichete è risultato il toxon più numeroso nei siti da 60 a 250 m lungo A, in tutti quelli a NE e da 60 a 250 m verso SW lungo B e nei controlli K2-K4. In tre stazioni adiacenti Annamaria B è invece apparso più abbondante il polichete *Owenia fusiformis*, sostituito dall'isopode *Eurydice* sp in AM NW. *Minuspio cirrifera* e *Aspidosiphon muelleri* hanno invece prevalso in A4 e A5 rispettivamente, sostituiti dal polichete *Spirorbis* sp in B5. In K1, infine sono risultati più numerosi i policheti appartenenti alla famiglia Sabellidae.

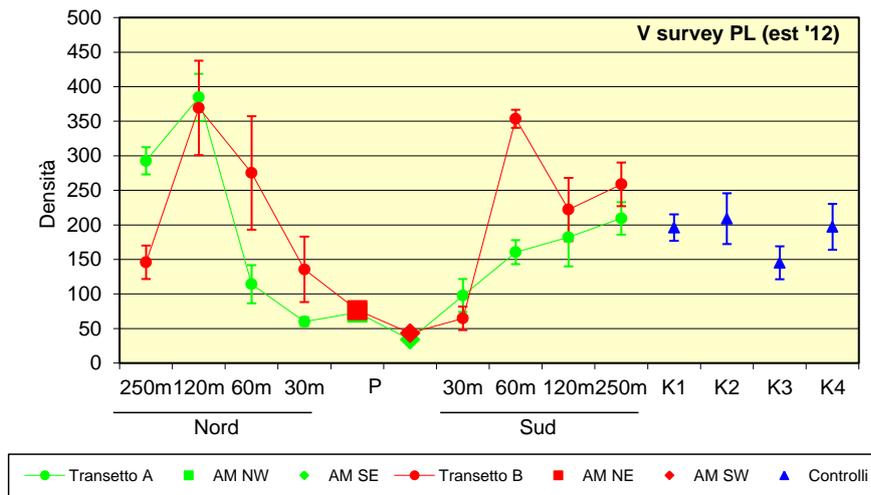


Fig. 3.64 - Densità (\pm e.s.) registrate presso i siti monitorati nell'estate 2012 (5° survey post lavori di installazione di Annamaria B).

Tab. 3-XXXI - Lista e densità (n. ind 0,095 m⁻²) dei taxa rinvenuti nell'estate 2012 Per ogni sito è anche riportato il numero totale di taxa censiti. AP = Biocenosi delle alghe fotofile; DC = Bioc. del detritico costiero; DE = Bioc. del detritico infangato; DL = Bioc. del detritico del largo; HP = Bioc. delle praterie di fanerogame; Lim = limicolo; Lre = larga ripartizione ecologica; MI = Bioc. dei fondi mobili instabili; Minut = minuticolo; Mixt = misticolo; MO = indicatore di materia organica; Sab = sabulicolo; Sd = substrato duro; SFBC = Bioc. delle sabbie fini ben calibrate; SGCF = Bioc. delle ghiaie fini sotto l'influsso delle correnti di fondo; Sm = substrato mobile; VTC = Bioc. dei fanghi terrigeni costieri; VB = Bioc. dei fanghi batiali.

Stazione	Bioc.	Transetto A										Transetto B								Controlli							
		A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4		
Distanza dalla piattaforma		250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m		
Briozoi	<i>Amathia semiconvoluta</i>	Sd			0,17		0,44										0,17						0,17				
	Briozoa nd				0,22			0,33	0,17	0,17	0,17			1,00		0,39	0,33	0,17			0,22						
	<i>Cellaria salicornioides</i>	Mixt		0,51	0,67	0,72	1,06	0,17	0,17		0,17				0,22	0,83	1,00	0,83	0,22								
	<i>Cryptosula pallasiana</i>	Sd	0,17	0,33															0,17								
	<i>Schizoporella errata</i>	Lre					0,61		0,17		0,17					0,56	0,50	0,50									
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Sd			0,17	0,22	0,44										0,17	0,50									
Cnidari	Antozoi																										
	<i>Actiniaria</i> nd									0,17	0,17	0,17															
	<i>Alcyonium palmatum</i>	DE		0,33						0,17	0,17	0,17	0,67		0,51							0,17	0,17		0,17		
	<i>Epizoanthus</i> sp			0,51											1,56												
	<i>Madreporaria</i> nd			1,00					0,17															0,17	0,17		
	<i>Pennatula rubra</i>	Mixt																						0,17	0,17		
	<i>Hydroidea</i> nd		0,67	2,00	2,17	1,17	1,22	0,17	0,83	1,00	0,17	1,00	0,33	3,33	3,33	0,51	0,22	1,83	0,56	0,17	1,33	0,33	0,33	0,17	0,33		
Crostei	Antipodi																										
	<i>Ampelisca diadema</i>	DE	1,83	1,84	0,50				0,17		0,50	0,33	0,67		0,51										0,33		
	<i>Ampelisca intermedia</i>	SFBC																							0,17		
	<i>Apherusa</i> sp																	0,17									
	<i>Caprella rapax</i>	AP															0,17										
	<i>Caprella</i> sp							0,33								1,17	0,17										
	<i>Colomastix pusilla</i>	VTC																							0,17		
	<i>Corophium</i> sp		0,33				0,39	0,33															0,17	0,17	0,50	0,33	
	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	Sd																	0,33								
	<i>Gammaropsis</i> sp															1,33							0,33				
	<i>Halice walkeri</i>	Lim											0,17														
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC	2,17																				1,00	0,33		0,33	
	<i>Lysianassa</i> sp					0,17																	0,17				
	<i>Metaphoxus simplex</i>	SFBC								0,17								0,17									
	<i>Monoculodes carinatus</i>	DE																									
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC	0,17					0,33							0,67	0,51	0,17	0,17	0,17		0,39					0,17	
	<i>Pariambus typicus</i>	SFBC								0,17	0,17															0,67	
	<i>Peltocoxa</i> sp																							0,17		0,17	
	<i>Periculodes longimanus</i>	SFBC	0,17																	0,17	0,22	0,22		0,50	0,33		0,17
	<i>Perrierella audouiniana</i>	C															0,17										
	<i>Photis longicaudata</i>	VTC	1,50	1,84			0,17		0,33	0,67	0,17	1,17	0,89	0,50		0,17					1,06	0,67	0,83	0,50	0,67	0,67	
	<i>Phtisica marina</i>	Lre	2,33						0,33	0,67	0,17	1,17	0,89	0,50		0,22		0,17		0,17	1,61	0,22	0,50	1,83	0,33	0,67	
	<i>Pseudolyrius kroyerii</i>	SFBC	0,17	0,33	0,33				0,17	0,17	0,22	0,33	0,33						1,00	0,44				0,33	0,17	0,50	
	<i>Pseudoprotella phasma</i>	Lre																					0,50				
	<i>Stegocephaloides christianensis</i>	DE																						0,17			
	<i>Urothoe</i> sp											0,17				0,17			0,17								
	<i>Westwoodilla rectirostris</i>	Sab		0,67								0,33														0,17	
	Cirripedi	<i>Balanus trigonus</i>	Lre														0,17			0,17	0,39					0,17	
	Copepodi	<i>Copepoda</i> nd		0,33	0,67					0,67	1,28	0,17	1,06	1,17	1,33	0,51			0,17		0,22	1,22	2,17	1,00	0,33	0,83	

Tab. 3-XXXI - Continuo.

Stazione	Bioc.	Transetto A										Transetto B								Controlli						
		A1 250 m	A2 120 m	A3 60 m	A4 30 m	AM NW 0 m	AM SE 0 m	A5 30 m	A6 60 m	A7 120 m	A8 250 m	B1 250 m	B2 120 m	B3 60 m	B4 30 m	AM NE 0 m	AM SW 0 m	B5 30 m	B6 60 m	B7 120 m	B8 250 m	K1 1000 m	K2 1000 m	K3 1000 m	K4 1000 m	
Distanza dalla piattaforma																										
Crostacei																										
Cumacei	<i>Bodotria scorpioides</i>	SGCF	0,17																		0,22		0,17	0,50	0,33	0,17
	<i>Campylaspis</i> sp		1,00		0,17	0,17				0,56	0,83	0,67	0,67							0,67	0,22	0,83	0,83	0,50	0,17	
	Cumacea nd										0,17	0,17								0,67	0,22	2,00	1,67		0,17	
	<i>Diastylis</i> sp										0,17	0,17							0,17	0,67	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt									0,17	0,17						0,17	0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Iphinoe serrata</i>	DE									0,17	0,17						0,17	0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Leucon affinis</i>	Lim									0,17	0,17			0,33				0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Leucon mediterraneus</i>	C									0,17	0,17			0,33				0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Leucon siphonatus</i>	Lim									0,17	0,17			0,33				0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Nannastacus</i> sp										0,17	0,17			0,33				0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC									0,17	0,17			0,33				0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Anapagurus</i> sp		0,17	0,67						0,17	0,17								0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim				0,22	0,17			0,17	0,17				0,33	0,17	0,67		0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Ebalia deshayesi</i>	DC	0,17								0,17								0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Galathea</i> sp										0,17	0,17		0,51	0,83	0,50			0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC									0,17	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Liocarcinus depurator</i>	VB									0,17	0,17			0,17				0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Liocarcinus maculatus</i>	Sab									0,17	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Macropodia linaresi</i>	Glar									0,17	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	Paguridae nd					0,17	0,67	0,78	0,17					1,23	0,17	0,17		0,33		0,67	0,22	1,28	2,00	1,67	0,17	
	<i>Processa</i> sp													0,67					0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Solenocera membranacea</i>	VB																0,17	0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
Isopodi	<i>Anthura gracilis</i>	Lim									0,17	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Eurydice</i> sp		1,00	5,51	14,00	6,06	21,00	2,00	2,11	1,67	0,50	1,17	0,17	0,67	2,00	12,16	6,89	0,17	2,50	2,22	0,22	0,17	0,67	0,50	0,17	
	<i>Gnathia</i> sp							0,50	0,17	1,67	0,22	0,17	0,67	2,00	12,16	6,89	0,17	2,50	2,22	0,22	0,17	0,67	0,50	0,17		
	<i>Nebalia</i> sp																0,33		0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
Leptostraci	<i>Nebalia</i> sp																0,33		0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
Misdacei	Misidiacea nd		0,17	0,84	0,33							0,17		0,67	1,01	0,17		0,33		0,67	0,22	1,28	2,00	1,67	0,17	
Ostracodi	Ostracoda nd		0,17	0,84	0,33			0,17	0,17		0,17	1,17		0,84					0,67	0,22	1,28	2,00	1,67	0,17	0,50	
Stomatopodi	<i>Nannosquilla occulta</i>	Sm									0,17	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67	0,17	0,50	
Tanaidacei	<i>Apseudes latreillii</i>	Minut	5,50	1,33							0,33	0,17			0,33				0,67	0,22	1,28	2,00	1,67	0,17	0,50	
	<i>Leptocheilia savignyi</i>	C	0,50	0,84						0,78	1,33	0,17	0,51				0,17	0,22	0,39	0,33	0,67	0,83	0,33	0,17	0,50	
Echinodermi																										
Asteroidei	<i>Astropecten irregularis</i>	DC									0,17	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Astropecten spinulosus</i>	HP	0,17															0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17		
Ofiuroidei	<i>Amphiura chiajei</i>	VTC	1,33	1,67	0,17			0,56	0,50			0,50	0,67	0,51	0,33	0,33	0,50		0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Ophiotrix fragilis</i>	Lre											0,33						0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Ophiura albida</i>	DC	3,67	3,35	1,00	0,72	0,61	2,06	1,67	1,72	1,50	0,83	0,17	3,53	0,50	0,17	0,83	3,61	2,94	3,28	1,33	1,33	0,83	0,67		
Oloturoidei	<i>Holothuria forskali</i>	Lre																0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17		
	Holothurioidea nd									0,17	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17		
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC	0,17															0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17		
	<i>Thyone fusus</i>	DE	0,17								0,17	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Trachythone elongata</i>	VTC		0,33								0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	
	<i>Trachythone tergestina</i>	VTC									0,33	0,17							0,67	0,22	1,28	2,00	1,67		0,17	

Tab. 3-XXXI - Continuo.

Stazione	Bioc.	Transetto A										Transetto B								Controlli								
		A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4			
		250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m			
Molluschi																												
Bivalvi																												
	<i>Abra alba</i>	Lim																										
	<i>Abra prismatica</i>	DC	0,50	1,84																								
	<i>Anodontia fragilis</i>	SFBC						0,83	0,17																			
	<i>Anomia ephippium</i>	Lre																										
	<i>Arca noae</i>	DC													0,22	0,17												
	<i>Cardiomya costellata</i>	DL							0,17			0,17								0,22				0,33	0,33			
	<i>Clausinella brogniatii</i>	SGCF		0,33						0,17		0,33																
	<i>Coracuta obliquata</i>	Mixt						0,50	1,17			0,50						0,50	0,67				0,17	0,17	0,17			
	<i>Corbula gibba</i>	MI	0,50		1,00	1,06	1,11		0,22	0,17		0,33										0,22	0,50	0,17	0,17			
	<i>Gari fervensis</i>	DC	0,33	1,85	0,33			1,11	1,17	0,33								0,17	0,22					0,33	1,17			
	<i>Glycymeris glycymeris</i>	SFBC							0,17																			
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd				0,17																						
	<i>Hiatella rugosa</i>	Sd				0,17	0,17	0,33	0,17						3,72	0,33												
	<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC			0,33	0,50	0,78																		0,17			
	<i>Lembulus pellus</i>	MI		0,51																			0,22					
	<i>Limaria hians</i>	DC																										
	<i>Lucinella divaricata</i>	SFBC			0,50	0,67	0,22										0,17	0,17	0,17									
	<i>Lyonsia norvegica</i>	Mixt	0,17																									
	<i>Modiolarca subpicta</i>	AP																					0,17					
	<i>Modiolula phaseolina</i>	DC				0,22					0,17						0,17						0,17					
	<i>Montacuta phascolionis</i>	---									0,17																	
	<i>Myrtea spinifera</i>	MO	4,50	6,52	4,33	2,44	4,22		3,78	4,33	3,78	3,50	1,94	21,04	3,84	6,72	0,17	0,50	2,00	11,39	5,00	4,78	4,33	4,17	5,00	2,50		
	<i>Neopycnodonte cochlear</i>	Sd														0,50	1,33											
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim	0,17	1,01	0,17						0,17																	
	<i>Pandora pinna</i>	Lim																					0,44	0,83	0,67	0,17		
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt	0,50																									
	<i>Phaxas adriaticus</i>	Sab										0,67											0,17	0,17	0,17	0,33		
	<i>Pitar rudis</i>	DC										0,17											0,22	0,67	0,17	0,33		
	<i>Poromya granulata</i>	Mixt					0,22																			0,17		
	<i>Saccella commutata</i>	Mixt			0,17																					0,17		
	<i>Tellina balaustina</i>	Mixt																								0,17		
	<i>Tellina distorta</i>	MI		1,00	1,17	0,33	1,33	0,17	2,50	0,83	0,17															0,17		
	<i>Tellina serrata</i>	DE		0,33								0,17														0,17		
	<i>Thyasira flexuosa</i>	Lim										0,17														0,17		
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim	0,33	0,51																						0,17		
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre	2,17	1,01	1,83	4,00	3,56	1,17	2,89	2,50	0,39	0,50	1,67												0,67	0,50		
Caudofoveati	<i>Falcidens gutturosus</i>	Lim	4,00	6,18								0,67	1,83	6,83	2,44	3,33	0,51									3,83	3,33	2,33
Gasteropodi	<i>Acteon tomatis</i>	SFBC																									0,33	
	<i>Alvania sp</i>																							0,22			0,17	0,17
	<i>Aperiovula adriatica</i>	Sm																										
	<i>Bittium latreillii</i>	Sd																										
	<i>Calyptraea chinensis</i>	Lre																										
	<i>Cyllichna cylindracea</i>	SFBC	0,67	0,51		0,33	0,17					0,83	0,78	0,22													1,00	0,33
	<i>Epitonium commune</i>	Mixt																										
	<i>Eulima bilineata</i>	MO			0,33	0,17																						0,17
	<i>Eulimella sp</i>																											
	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC			0,33				0,17			0,17							0,33								0,17	0,17
	<i>Mangelia coarctata</i>	Sm	0,17	0,51	0,50	0,72	0,22	0,67	0,78	0,17	0,39	0,17	0,33	0,51														0,50

Tab. 3-XXXI - Continuo.

Stazione	Bioc.	Transetto A										Transetto B								Controlli						
		A1 250 m	A2 120 m	A3 60 m	A4 30 m	AM NW 0 m	AM SE 0 m	A5 30 m	A6 60 m	A7 120 m	A8 250 m	B1 250 m	B2 120 m	B3 60 m	B4 30 m	AM NE 0 m	AM SW 0 m	B5 30 m	B6 60 m	B7 120 m	B8 250 m	K1 1000 m	K2 1000 m	K3 1000 m	K4 1000 m	
Distanza dalla piattaforma																										
Molluschi																										
Gasteropodi	<i>Melanella polita</i>										0,67									0,17	0,22					
	<i>Neverita josephinia</i>																			1,00	0,17					
	Nudibranchia nd																			0,39						0,17
	<i>Odostomia</i> sp									0,22																
	<i>Philine aperta</i>											0,17														
	<i>Philine scabra</i>	0,17																								
	<i>Polinices nitida</i>		0,51		0,56	0,61	0,50		0,17	0,50						0,50	1,33	0,50						0,17		
	<i>Pseudotorinia architae</i>																		0,17						0,17	
	<i>Raphitoma</i> sp	0,17	0,67	0,33		0,22					0,33	0,67						0,33	0,22		0,61	0,17			0,67	
	<i>Trophonopsis muricatus</i>	0,17	0,67				0,17	0,17										0,17	0,17	0,22	0,22			0,50		
	<i>Turbonilla rufa</i>								0,17																	
	<i>Turritella communis</i>	1,33	1,67	1,50	0,39	0,22		0,39	0,83	1,00	0,67	0,50	0,51	0,67	0,51			0,83	0,33	1,28	2,22	4,83	3,17	3,83	1,50	
Scafopodi	<i>Antalis inaequicostata</i>	0,17	0,33	0,17			0,17			0,33	0,33	0,17						0,17	0,33	0,22		0,17	0,67	0,33	0,67	
Nemertini																										
	Nemertea nd	1,00	2,34	0,67	0,72	0,22	0,50	0,50	0,83	1,39	2,00	1,44	3,33	2,52	2,19	1,22	1,67	0,67	0,39	2,00	0,67	1,83	0,83	0,83	1,83	
Pantopodi																										
Picnogonidi	Pycnogonida nd	0,17	0,33						0,67		0,50	0,17					0,17	0,50		0,17		0,22	0,83	0,50	0,67	
Platelminti																										
	Platelminta nd																0,17	0,33								
Policheti																										
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	8,17	2,51		0,33	0,39	0,33	0,72	2,17	1,78	4,67	4,33	2,34	0,67	2,02	0,17			0,78	7,11	6,72	5,00	5,67	7,17	9,00
	Ampharetidae nd		1,83									0,50	0,67		1,33						0,44	0,44	3,50	1,33	2,50	2,17
	<i>Amphicteis gunneri</i>	Lim									0,22	1,33	0,17								0,44	1,11	0,33	0,83	0,50	0,50
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB																		0,17						0,17
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	1,67	1,17	1,67	0,22	0,89	0,83	0,94	0,50	0,67	4,00	1,72	2,51	0,67	2,86	0,17	0,33	1,00	1,28	2,61	5,11	3,67	2,50	5,17	3,17
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	2,83	3,84					0,33	1,00	1,00	1,33	2,00	0,67				0,50	1,33	0,56	0,67	1,17	0,50	1,50	1,83	
	<i>Aphrodita aculeata</i>	VTC										0,17														0,17
	Aphroditidae nd																									
	<i>Aponuphis bilineata</i>	SGCF					0,22	0,33		0,33	0,22	0,50					0,22		0,67	0,33	0,44	0,44				
	<i>Aponuphis brementi</i>	Lim	5,33	4,35	1,50	1,17	1,56	2,83	3,17	1,17	1,39	6,50	1,89	4,51	0,33	3,98	4,06	0,67	0,50	1,50	2,78	4,33	3,50	7,00	2,33	3,67
	<i>Arabella geniculata</i>	Glar																					0,17			
	<i>Capitella capitata</i>	MO				0,39					0,67									0,33				0,33		
	Chaetopteridae nd		0,33	0,84					0,22		0,17									0,33					0,33	
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,17			0,50							0,39									0,22	0,33	0,67	0,33	0,17
	<i>Chirimia biceps</i>	MO																							0,33	0,17
	Cirratulidae nd							0,22				0,33												0,17		0,17
	<i>Cossura soyeri</i>	Lim																								
	<i>Ditrupa arietina</i>	MI	140,67	197,27	31,83	2,94	2,67		19,28	80,00	107,06	73,33	56,78	186,94	145,48	45,11	1,00		4,33	237,11	80,67	118,39	14,67	49,83	27,33	61,17
	<i>Dorvillea rubrovittata</i>	C															0,83									
	<i>Dorvillea rudolphii</i>	HP															0,17									
	<i>Drilonereis filum</i>	Lim		0,33						0,33				0,67		0,51						0,22				0,17
	<i>Eunice vittata</i>	Lre	0,33			0,17					0,67							0,50		0,39		0,78		0,17		
	<i>Filograna</i> sp																0,17		0,33							
	<i>Flabelligeridae</i> nd		0,67	0,33				0,17		0,50		0,67					1,00			0,17	1,94	0,67	1,17		0,33	1,17
	<i>Glycera rouxii</i>	MO	1,50	1,17	0,83	0,89	0,22	0,83	1,11	0,33	0,39	3,00	1,67	2,51	1,00	1,62	1,17	1,00	0,17	0,56	1,06	2,33	3,67	2,33	3,00	2,83

Tab. 3-XXXI - Continuo.

Stazione	Bioc.	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1 250 m	A2 120 m	A3 60 m	A4 30 m	AM NW 0 m	AM SE 0 m	A5 30 m	A6 60 m	A7 120 m	A8 250 m	B1 250 m	B2 120 m	B3 60 m	B4 30 m	AM NE 0 m	AM SW 0 m	B5 30 m	B6 60 m	B7 120 m	B8 250 m	K1 1000 m	K2 1000 m	K3 1000 m	K4 1000 m
Policheti																									
	<i>Pygospio elegans</i>														0,17										
	<i>Sabella pavonina</i>																					0,17			
	Sabellidae nd	11,17	11,88	1,67	2,33	0,22	0,50	3,56	5,00	6,67	14,33	6,67	11,85	10,69	4,37	5,00	1,00	1,33	4,06	12,50	12,11	17,50	13,17	9,17	22,00
	<i>Scoletoma impatiens</i>	0,50	0,51		0,33	0,22	0,17			0,17	0,67	0,39		0,51					0,44	0,72	1,50	0,33	0,67	0,67	
	<i>Scoloplos armiger</i>																				0,17			0,17	
	<i>Serpula vermicularis</i>												0,67				0,33		0,94						
	<i>Sigambra tentaculata</i>	0,17		0,33	0,17	0,39		0,56		0,33	0,33				0,39	0,17	0,17		0,50						
	Sphaerodoridae nd		0,33														0,17	0,39				0,17	0,17	0,50	
	<i>Sphaerosyllis</i> sp	0,17	0,33														0,17				0,22				
	Spionidae nd	0,17	2,35		0,89	0,22	0,17		1,50	1,83	0,50				0,22				1,00		0,56	0,50	0,17	0,33	0,17
	<i>Spiophanes bombyx</i>		0,67								0,17				1,50	1,83				0,61					0,33
	<i>Spirorbis</i> sp																16,67								
	<i>Sthenelais boa</i>	0,50	2,17	0,50	0,39			0,56	0,50	0,17	0,17	0,89						1,28	0,89	1,06	0,17	0,17			0,33
	Syllidae juv	1,17	0,84					0,39		0,61	1,00	0,17	1,67	0,67	1,18			0,39	0,44	0,94	0,50	1,33	1,33		0,67
	<i>Syllis parapar</i>		0,67																1,67	1,67	0,83	0,17	0,83	0,50	0,33
	<i>Syllis</i> sp	0,33		0,50	0,17		0,17	0,50	1,67	2,17	1,00	1,56	4,17	1,67	1,28	1,83	0,17	0,17	0,61	0,17	0,61	0,17	1,00	0,17	0,83
	Terebellidae nd	0,83	0,84	0,33															0,89	0,17		3,33	0,67	0,67	2,00
	<i>Terebellides stroemi</i>										0,67										2,33	0,50	0,50		0,67
	<i>Vermiliopsis infundibulum</i>														0,33										
Poriferi																									
	Porifera nd		0,33					0,17	0,33				0,33	0,33										0,17	0,17
Sipunculidi																									
	<i>Aspidosiphon muelleri</i>	10,00	29,29	9,17	7,22	2,56	2,17	28,44	14,67	10,33	13,33	9,61	42,90	34,36	10,93	4,50	2,17	6,33	16,50	14,17	9,06	1,50	5,83	8,00	3,50
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	7,67	3,68	0,17	0,72	0,67		0,72	1,83	1,06	2,83	2,22	5,85	0,51	0,51			0,33	1,11	3,39	8,94	10,83	6,17	4,50	4,17
	<i>Phascosion strombus</i>		2,00					0,39	0,33	0,39	0,17	1,00	1,33							0,44	0,17	0,17	0,67	0,33	
	<i>Sipuncula</i> nd	15,67	9,21	1,00	0,17			1,00	3,50	6,61	8,00	11,44	5,02	4,34	2,86	0,50	0,17	1,00	6,89	18,67	10,61	9,50	6,83	7,17	9,67
Densità totale		292,67	384,62	114,17	59,94	73,11	34,00	97,72	160,50	182,17	209,33	145,94	369,38	275,18	135,46	76,67	43,33	64,67	353,61	222,11	258,67	196,17	209,00	145,00	197,17
Numero totale di specie		92	81	53	54	44	45	58	69	69	97	80	55	49	52	76	67	65	74	87	89	101	111	89	104

3.8.2. BIOMASSA (P)

Come già rilevato precedentemente (Fabi *et al.*, 2016), anche nell'estate 2012 per la biomassa sono stati ottenuti in generale valori modesti, salvo dei picchi piuttosto consistenti ma caratterizzati da errori standard molto elevati, determinati dal rinvenimento di specie di grandi dimensioni spesso rappresentate da pochi individui e rilevate in una sola replica della stazione interessata (fig. 3.65; Tab. 3-XXXII).

Lungo A tali picchi sono stati registrati in A2 e A7, dove sono stati determinati da *Alcyonum palmatum*, un antozoo, e da *D. arietina*, in questo caso a causa dei quantitativi elevati trattandosi di una specie di piccole dimensioni.

Lungo B sono stati evidenziati in B1, AM SW e B6, a seguito della presenza rispettivamente dell'oloturoideo *Holothuria forskali*, del bivalve *Neopycnodonte cochlear* e degli elevati quantitativi di *D. arietina*. *A. palmatum* è stato anche responsabile dei valori di biomassa registrati nei controlli K1, K2 e K3.

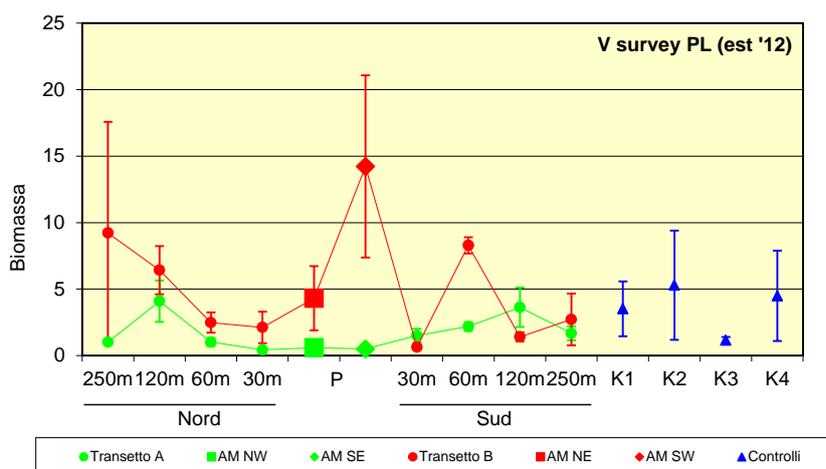


Fig. 3.65 - Valori di biomassa (\pm e.s.) registrati presso i siti monitorati nell'estate 2012 (5° survey post lavori di installazione di Annamaria B).

Tab. 3-XXXII - Lista e biomassa (gr 0,095 m⁻²) dei taxa rinvenuti nell'estate 2011/2. Per ogni sito è anche riportato il numero totale di taxa censiti. * = <0,001 gr.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
Briozoi			0,009		0,005																			
<i>Amathia semiconvoluta</i>				0,006			0,081	*	0,003	0,001			0,035		0,005	0,009	0,006			0,025		0,017		
Briozoa nd				0,019	0,125	0,004	0,005		0,003		0,002		0,001		0,074	0,442	0,062	0,001						
<i>Cellaria salicomioides</i>	0,004	0,001		0,021											0,013	0,090	0,033	0,003						
<i>Cryptosula pallasiana</i>					0,056		0,002		0,008							0,017	0,007							
<i>Schizoporella errata</i>			0,005	0,001	0,005																			
<i>Scrupocellaria scruposa</i>																								
Cnidari																								
Antozoi																								
Actiniaria nd									0,001	0,005	*													
<i>Alcyonium palmatum</i>		1,198							1,401		0,326	0,726		0,658							2,206	4,060		3,289
<i>Epizoanthus</i> sp		0,012													0,007									
Madreporaria nd		0,615					0,112																0,109	0,082
<i>Pennatula rubra</i>																							0,130	
Idrozoi																							0,011	0,006
Hydroidea nd	0,001	0,002	*	*	0,001	*	*	0,002	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	0,013	0,001	0,011	0,006
Crostei																								
Anfipodi																								
<i>Ampelisca diadema</i>	0,001	0,001	0,001					*		*	*	0,001	*	*							0,003	0,002	0,002	*
<i>Ampelisca intermedia</i>																							*	
<i>Apherusa</i> sp																	*						*	
<i>Caprella rapax</i>																*							*	
<i>Caprella</i> sp							*								*	*							*	
<i>Colomastix pusilla</i>																							*	*
<i>Corophium</i> sp	*				*	*															*	*	*	*
<i>Erichthonius brasiliensis</i>																	*					*	*	*
<i>Gammaropsis</i> sp															0,002						*	*	*	*
<i>Halice walkeri</i>											*											*	*	*
<i>Harpinia dellavallei</i>	0,001																				0,000	*	*	*
<i>Lysianassa</i> sp			*																		0,001	*	*	*
<i>Metaphoxus simplex</i>								*							*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Monoculodes carinatus</i>															*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Orchomene grimaldii</i>	*					*								*	0,001	*	*	*	*	*		*	*	0,001
<i>Pariambus typicus</i>								*	*	*												*	*	*
<i>Peltocoxa</i> sp																					*	*	*	*
<i>Perioculodes longimanus</i>	*																				*	*	*	*
<i>Perrierella audouiniana</i>															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Photis longicaudata</i>	*	*				*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Phtisica marina</i>	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudolyrius kroyeri</i>	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudoprotella phasma</i>																					*	*	*	*
<i>Stegocephaloides christianensis</i>																						0,001	*	*
<i>Urothoe</i> sp															*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Westwoodilla rectirostris</i>		*															*	*	*	*		*	*	*
Cirripedi																								
<i>Balanus trigonus</i>																0,006								
Copepodi																								
Copepoda nd	*	*									0,001	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*

Tab. 3- XXXII - Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli						
	A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
Distanza dalla piattaforma	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	
Crostacei																									
Cumacei																									
<i>Bodotria scorpioides</i>	*																			*		*	*	*	
<i>Campylaspis</i> sp																						*	*	*	
Cumacea nd	*		*	*					*	*	*	*							*	*	*	*	*	*	
<i>Diastylis</i> sp										*	*								*	*	*	*	*	*	
<i>Eudorella truncatula</i>										*	*						*		*	*	*	*	*	*	
<i>Iphinoe serrata</i>										*	*						*	*	*	*	0,001	*	*	*	
<i>Leucon affinis</i>										*	*								*	*	*	*	*	*	
<i>Leucon mediterraneus</i>										*	*								*	*	*	*	*	*	
<i>Leucon siphonatus</i>										*	*								*	*	*	*	*	*	
<i>Nannastacus</i> sp										*	*								*	*	*	*	*	*	
Decapodi																									
<i>Alpheus glaber</i>					*	*															0,014	*	*	*	
<i>Anapagurus</i> sp	*	*						0,005									0,014	0,001	0,005		0,001		*	*	
<i>Callinassa subterranea</i>			*																		0,001	*	*	*	
<i>Ebalia deshayesi</i>	*																				*		*	*	
<i>Galathea</i> sp																						*	*	*	
<i>Goneplax rhomboides</i>							0,094															0,002	*	0,001	
<i>Liocarcinus depurator</i>																						1,339		1,326	
<i>Liocarcinus maculatus</i>							0,001				0,003											1,326		0,001	
<i>Macropodia linaresi</i>																						0,005		*	
Paguridae nd				*		*	0,001	0,002														0,002	*	*	
<i>Processa</i> sp																						0,003	*	0,004	
<i>Solenocera membranacea</i>																							*	0,158	
Isopodi																									
<i>Anthura gracilis</i>										*													*	*	
<i>Eurydice</i> sp	0,000	0,017	0,012	0,008	0,012	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	*	0,007	0,021	0,008	*	0,001	0,002	0,001	*	*	*	*	*	
<i>Gnathia</i> sp						*	*		*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Leptostraci																									
<i>Nebalia</i> sp																									
Misdacei																									
Misidiacea nd	*	0,001	0,001									*		0,001	0,002	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Ostracodi							*	*		*	*	*			0,001						*	*	*	*	
Ostracoda nd	*																				*	*	*	*	
Stomatopodi																									
<i>Nannosquilloides occultus</i>																						0,002	*	*	
Tanaidacei																									
<i>Apseudes latreillii</i>	0,005	*																		*	*	0,006	0,005	0,002	0,002
<i>Leptocheilia savignyi</i>	*	*							*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	
Echinodermi																									
Asteroidei																									
<i>Astropecten irregularis</i>									*	0,303											*	*	*	*	
<i>Astropecten spinulosus</i>	*																					*	0,002	0,002	
Ofiuroidei																									
<i>Amphiura chiajei</i>	0,018	*	*				0,069	*		*	*	*					*	*	*	0,003	0,001	*	0,004	0,004	
<i>Ophiotrix fragilis</i>										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,013	0,002	
<i>Ophiura albida</i>	0,004	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,007	0,002	*	*	0,002	*	*
Oloturoidei																									
<i>Holothuria forskali</i>																									
Holothurioidea nd										0,001								*	*	*	*	*	*	*	
<i>Labidoplax digitata</i>	0,002																				*	*	*	0,011	
<i>Thyone fusus</i>	0,001									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,010	0,006	0,015	
<i>Trachythone elongata</i>		0,031								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Trachythone tergestina</i>										0,011	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Tab. 3- XXXII - Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
Molluschi																								
Bivalvi																								
<i>Abra alba</i>										*											*			
<i>Abra prismatica</i>	*	*																						
<i>Anodonta fragilis</i>							0,002	*			0,023		*	0,001					0,002		0,001	0,001		
<i>Anomia ephippium</i>															*	0,006								
<i>Arca noae</i>															0,049									
<i>Cardiomya costellata</i>								*		0,005								*				0,001		0,003
<i>Clausinella brognartii</i>		0,176						*	0,303	0,035		0,984		0,182	0,002			*			0,040		0,008	0,014
<i>Coracuta obliquata</i>								*		*		*					*	*				*	*	*
<i>Corbula gibba</i>	0,001		0,001	0,006	0,007		0,005	0,001		0,002	0,004	0,087						*	*	0,001	0,006		0,001	0,003
<i>Gari fervensis</i>	0,026	0,018	0,001				0,012	0,021	0,027				0,002					0,009	*					
<i>Glycymeris glycymeris</i>						0,001																		
<i>Hiatella arctica</i>				0,001											0,591									
<i>Hiatella rugosa</i>				0,002	0,001	0,007	0,002								0,004	0,011		0,001						0,004
<i>Kurtiella bidentata</i>			0,002	0,001	*																			
<i>Lembulus pellus</i>		0,115										0,006								0,013				
<i>Limaria hians</i>																0,001	0,001							
<i>Lucinella divaricata</i>			0,003	0,003	*											0,001	0,001	0,001						
<i>Lyonsia norvegica</i>	0,001																							
<i>Modiolarca subpicta</i>												0,001									*	*		
<i>Modiolula phaseolina</i>				*					0,001	0,000					0,002		*					*		
<i>Montacuta phascolionis</i>																								
<i>Myrtea spinifera</i>	0,093	0,095	0,560	0,126	0,229		0,307	0,233	0,073	0,034	0,026	0,574	0,094	0,456	0,001	0,004	0,033	0,513	0,053	0,048	0,074	0,065	0,079	0,024
<i>Neopycnodonte cochlear</i>															1,725	13,343								
<i>Nucula nitidosa</i>	*	0,007	*						*										0,003		0,001	0,003	0,004	*
<i>Pandora pinna</i>																				0,001			*	
<i>Parvicardium minimum</i>	0,001															0,003		*			0,001	*	*	
<i>Phaxas adriaticus</i>										0,005	0,003								0,003		0,014	0,002	*	0,002
<i>Pitar rudis</i>										0,003										0,008	0,009	*	*	0,003
<i>Poromya granulata</i>					*								*							0,001			*	*
<i>Saccella commutata</i>			*																			0,003		
<i>Tellina balaustina</i>																							0,094	
<i>Tellina distorta</i>		0,006	0,002	*	0,004	*	0,010	0,003	0,002			*	*	0,001	0,001	0,002		*	0,004	0,005		0,002	0,001	
<i>Tellina serrata</i>		*								0,024								0,001		0,003		0,024		
<i>Thyasira flexuosa</i>										*											*	*	*	0,007
<i>Thyasira succisa</i>	*	*																	*	*	*	*	*	*
<i>Timoclea ovata</i>	0,005	*	0,004	0,013	0,021	0,015	0,209	0,129	0,002	0,005	0,094		0,034	0,026	0,016	0,016	0,021	0,321	0,126	0,002	0,070	0,013	0,011	0,004
Caudofoveati																								
<i>Falcidens gutturosus</i>	0,004	0,007						0,001	0,002	0,012	0,001	0,003		*		*	0,001	0,002	0,003	0,005	0,006	0,003	0,002	
Gasteropodi																								
<i>Acteon tornatilis</i>																						*	*	*
<i>Alvania sp</i>																				0,000		*	*	*
<i>Aperiovula adriatica</i>																						0,080		
<i>Bittium latreillii</i>																					0,001			
<i>Calyptrea chinensis</i>																							0,017	*
<i>Cylichna cylindracea</i>				*						0,008	0,005								0,003		0,003			
<i>Epitonium commune</i>	0,001	0,008									*								0,002		0,010	0,002		
<i>Eulima bilineata</i>			*	0,001																		*	*	*
<i>Eulimella sp</i>						*																*	*	*
<i>Hyla vitrea</i>			*						*								*					*	*	*
<i>Mangelia coarctata</i>	*	0,001	0,003	0,005	0,001	0,004	0,001	*	0,001	0,001	0,001	0,001		*		0,001	0,001			0,002	0,003		0,001	

Tab. 3- XXXII - Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
Policheti																								
<i>Goniada maculata</i>	0,001	0,001	0,005	0,003	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,616	0,002	0,002	0,004	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,003	0,004	0,002	0,004
<i>Harmothoe</i> sp											*				*	0,001					0,001	0,001	0,003	0,002
<i>Hyalinoecia tubicola</i>	0,007	0,181	0,059	0,061		0,027	0,083	0,136	0,110	0,009	*	0,002	0,291		0,075	0,001	0,035	0,305	0,158			0,002	*	
<i>Hydroides norvegicus</i>		*				0,006	*	*	0,004	*		*			0,013	0,011	0,001	0,011	0,002					
<i>Labioleanira yhleni</i>	0,006								0,003											0,007	*			
<i>Leiochone tricirrata</i>																	*							
<i>Levinsenia oculata</i>																								
<i>Lumbinieris gracilis</i>	0,002	0,006	0,006	0,001	0,001	*	*	*	0,002	0,002	*	0,003	*	*	0,002		0,001	0,005	0,017	0,002	0,002	0,002	0,005	*
<i>Macroclymene santanderensis</i>	0,001										*			0,001					*	0,004	0,001	0,007	*	*
<i>Magelona alleni</i>	*	*	*	*	0,004	0,001	*	*	*	*	*	*	0,001	*	0,000	0,001	*	*	*	*	*	0,001	*	*
Maldanidae nd	0,004		*				0,001	*	*	0,005	*	*	*	*	0,010	0,014	*	*	0,003	*	0,025	0,002	0,008	0,015
<i>Marphysa bellii</i>				0,001										0,006			*	*						
<i>Megalomma vesiculosum</i>																0,001								
<i>Melinna palmata</i>	*								*	*										*	*		*	*
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*
<i>Minuspio cirrifera</i>	*	0,001	0,001	*	0,001	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	0,002	*	0,001	0,001	*	0,001
<i>Nematoneis unicomis</i>								*	*	*														
<i>Nephtys hombergi</i>	0,052									0,004						0,001	0,006		0,001		0,037	0,041	0,019	0,213
<i>Nephtys hystrix</i>	0,000									*	*				0,004	*	0,001			0,025	0,002	0,027	0,001	*
Nereididae juv		*							*	*	*	*	*	0,002	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001
<i>Nothria conchylega</i>	0,002	*					*	0,002	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	0,001	0,001
<i>Notomastus aberans</i>			*	*	*													*	*	*	*	*	*	0,022
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	*		*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,002	0,001	0,002	*	0,001
<i>Ophiotromus flexuosus</i>	*	0,002							*	*		0,002								*	0,001	*	*	*
<i>Owenia fusiformis</i>	0,001	0,015	0,010	0,004	0,002	0,150	0,006	0,013	0,013	0,001	0,003	0,009	0,013	0,029	0,154	0,028	0,003	0,020	0,007	0,004	0,004	0,010	*	0,010
<i>Paradiopatra calliopae</i>	*	0,002	*	*	*	*	*	*	0,001	0,003	*	0,006	*	*	*	*	*	0,037	0,001	0,003	0,012	0,005	0,007	0,004
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*						0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,000	0,002	*	0,002	0,001
Paraonidae nd	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	0,001	*	*
<i>Pectinaria koreni</i>	0,002	*				0,001	*	*	0,007	*	*	*	0,001	*	*	*	*	0,001	0,007	*	0,006	0,001	0,002	0,001
<i>Pelogenia arenosa</i>																				0,323				
<i>Phyllochaetopterus</i> sp		*				0,002	*	*	*	*	*	*	*	*	0,003	0,001	*	*	*	*	*	*	0,001	*
<i>Phyllococe</i> sp	*						*	*	*	*	0,001	0,002	*	*	*	0,004	*	*	*	*	*	*	*	*
Phyllococidae nd	*	0,003	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*
<i>Phylo foetida</i>																				0,001				
<i>Phylo norvegica</i>																			0,002	*				
<i>Pilargis verrucosa</i>							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pista breviranchia</i>									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,000	*
<i>Pista cristata</i>	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*
<i>Poecilochetus serpens</i>	*	*	*				*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Polydora ciliata</i>																		0,004	*	*	*	*	*	*
<i>Pomatoceros triqueter</i>				0,004	*	0,002	*	*	*	*	*	*	*	*	0,012	0,003	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Prionospio</i> sp	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,002	*
<i>Prionospio steenstrupi</i>															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Protodovillea kefersteini</i>															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Protula</i> sp															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tab. 3- XXXII - Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	250 m	120 m	60 m	30 m	0 m	0 m	30 m	60 m	120 m	250 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
Policheti																								
<i>Pygospio elegans</i>															*						0,001			
<i>Sabella pavorina</i>																					0,007	0,005	0,004	0,009
Sabellidae nd	0,001	0,002	*	0,001	*	0,004	0,002	*	0,002	0,008	0,002	0,191	0,008	0,003	0,029	0,006	0,001	0,004	0,006	0,005	0,002	*	0,002	0,004
<i>Scoletoma impatiens</i>	0,005	*		0,001	*	*			0,033	0,002	0,001		0,002						0,002	0,001	0,002	*	*	0,004
<i>Scoloplos armiger</i>																			*	*				*
<i>Serpula vermicularis</i>												*				0,002	*	*	*	*				*
<i>Sigambra tentaculata</i>	*		*	*	*		*		*	*			*		*	*	*	*	*	*				*
Sphaerodoridae nd		*														*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Sphaerosyllis</i> sp	*	*											*			*	*	*	*	*	*	*	*	
Spionidae nd	*	0,004		*	*	*		0,001	*	*	*	0,002			0,005	*	*	*	*	0,002	*	*	*	
<i>Spiophanes bombyx</i>		0,000							*	*					0,011	0,029		*	*				*	
<i>Spirorbis</i> sp																	0,094		*				*	
<i>Sthenelais boa</i>	0,002	0,024	0,002	0,007			0,005	*	0,001	0,001	0,008			0,004				0,003	0,003	0,001	*	*		0,003
Syllidae juv	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Syllis parapar</i>		0,001				0,001	0,001	0,005	0,005	0,002	0,004	0,018	0,004		0,002	*	0,007	0,003	0,004	*	0,001	0,001	*	
<i>Syllis</i> sp	*		0,000	0,001	*	0,001	*	*	*	0,001	*		*	*	0,002	*	*	*	0,001	*	0,001	*	*	
Terebellidae nd	0,001	0,001	0,001						*	*	0,004					0,016			0,027	0,003	0,006	0,003	0,002	0,007
<i>Terebellides stroemi</i>										0,001										0,003	0,001	0,001	*	
<i>Vermilopsis infundibulum</i>															0,005									
Poriferi																								
Porifera nd		0,010					0,001	*				0,019	0,078		0,012								0,002	0,384
Sipunculidi																								
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	0,011	0,082	0,019	0,015	0,012	0,024	0,155	0,122	0,157	0,047	0,050	0,394	0,240	0,017	0,024	0,015	0,056	0,151	0,095	0,036	0,003	0,020	0,053	0,007
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,002	*	*	0,001	*		0,000	0,001	*	0,002	0,001	0,002	*	*		*	*	*	0,001	0,005	0,003	0,017	0,002	0,002
<i>Phascolion strombus</i>		0,001					0,002	0,003	0,001	*	0,002	0,003							0,001	*	0,001	0,004	*	
Sipuncula nd	0,006	0,004	0,001	*			0,001	0,002	0,006	0,007	0,007	0,004	0,003	0,003	0,001	*	*	0,006	0,013	0,005	0,006	0,007	0,003	0,004
Biomassa totale	1,008	4,092	1,022	0,423	0,597	0,497	1,504	2,182	3,632	1,681	9,226	6,425	2,477	2,119	4,314	14,224	0,632	8,290	1,408	2,718	3,518	5,298	1,156	4,493
Numero totale di specie	92	81	53	54	44	45	58	69	69	97	80	55	49	52	76	67	65	74	87	89	101	111	89	104

3.8.3. AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Analogamente a quanto già evidenziato nei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2016), anche nel 5° survey condotto dopo l'avvio della fase di produzione i popolamenti rinvenuti nelle singole stazioni sono risultati costituiti, in termini di numero di specie, soprattutto da taxa di fondo mobile, in particolare limicoli (Lim), predominanti ovunque eccetto in AM NE e AM SW dove hanno prevalso i misticoli (Mixt; Tab. 3-XXXIIIa), accanto ai taxa a larga ripartizione ecologica (Lre) nella seconda stazione. I Mixt, i sabulicoli (Sab) e gli indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti (MO) hanno costituito gli altri gruppi più importanti, alternandosi tra il secondo, terzo e/o quarto posto nelle varie stazioni.

Analizzando invece le affinità biocenotiche in termini di densità (Tab. 3-XXXIIIb) si osserva una situazione differente. I taxa limicoli in questo caso appaiono predominanti solo in tre controlli, mentre si assiste a un aumento di importanza della biocenosi dei fondi mobili instabili (MI), alla quale afferisce *D. arietina*. Gli organismi MI hanno predominato praticamente ovunque lungo i transetti eccetto nei siti adiacenti alla piattaforma e in A4 e B5. In AM SE e AM SW sono apparsi infatti più importanti i Sab, in A4, AM NW e B5 gli MO, e in AM NE i taxa di fondo duro.

Tab. 3-XXXIII - Affinità bionomica calcolata come ricchezza specifica (a) e come densità (b) dei taxa rinvenuti nell'estate 2012. In giallo sono evidenziati i gruppi ecologici più numerosi in ogni stazione. Per la legenda consultare la Tab. 3-XXXI.

A	A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Taxa substrato mobile non rinvenuti in letteratura (Sm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Limicoli (Lim, VTC, VB)	22	18	13	11	7	10	9	13	15	17	23	11	10	13	9	6	12	14	16	21	23	25	19	22
Sabulicoli (Sab, SFBC)	12	11	4	5	4	6	8	10	8	15	9	7	7	6	6	6	6	11	14	8	11	17	9	13
Misticoli (Mixt, DC, DL, DE, SGCF)	12	10	7	6	6	4	5	9	10	16	10	4	5	5	13	8	7	12	13	10	14	15	11	10
Fondi Mobili Instabili (MI)	2	3	3	3	3	1	3	3	2	2	2	3	3	2	2	1	1	2	2	4	2	2	3	2
Minuticoli (Minut)	2	1							1	1					1					1	1	2	1	1
Indicatori di Materia Organica (MO)	7	6	7	8	6	4	5	7	6	9	7	6	6	5	5	5	7	7	7	7	9	10	10	10
Glareicoli (Glar)																				1	1			
Sbstrato duro (Sd, AP, C, HP)	3	3	2	4	4	4	3	1	2	3	2	4		1	8	7	6	5	3	3	2	4	2	3
Larga ripartizione ecologica (Lre)	3	2	1	2	2	1	4	4	4	4	4	2	1	2	4	8	2	3	4	5	7	5	5	6

B	A1	A2	A3	A4	AM NW	AM SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	AM NE	AM SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Taxa substrato mobile non rinvenuti in letteratura (Sm)	0,17	0,51	0,50	0,72	0,22	0,67	0,78	0,17	0,39	0,17	0,33	0,51		0,22		0,17	0,17		0,83	1,06		0,50		
Limicoli (Lim, VTC, VB)	45,67	39,80	12,33	7,44	5,28	6,67	9,28	12,83	12,28	33,83	22,56	30,89	8,02	14,02	6,44	2,33	4,67	10,83	29,78	44,61	50,50	52,83	30,17	33,67
Sabulicoli (Sab, SFBC)	10,50	14,71	4,33	4,50	3,22	7,67	4,06	7,33	9,44	10,33	6,67	13,34	7,85	7,68	12,67	13,83	3,67	11,50	12,89	9,06	14,00	10,67	7,83	7,33
Misticoli (Mixt, DC, DL, DE, SGCF)	9,00	13,73	4,00	2,83	2,72	1,00	4,94	5,83	4,17	7,50	3,78	2,84	4,36	4,98	5,06	2,17	3,17	8,17	8,39	8,94	10,17	8,67	5,00	3,33
Fondi Mobili Instabili (MI)	141,17	198,78	34,00	4,33	5,11	0,17	22,00	81,00	107,22	73,67	57,44	187,94	146,66	46,12	1,17	0,50	4,33	237,28	81,56	119,17	15,17	50,33	27,83	62,33
Minuticoli (Minut)	5,67	1,33							0,17	0,33					0,33				0,83	0,56	3,50	3,83	0,50	2,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	27,83	54,52	30,67	20,28	23,50	5,33	37,06	26,00	20,33	33,17	20,11	86,46	65,38	24,82	7,22	4,83	13,67	36,61	34,22	29,67	29,83	27,50	29,17	20,33
Glareicoli (Glar)																				0,44	0,17			
Sbstrato duro (Sd, AP, C, HP)	0,83	2,01	0,33	1,22	1,22	3,67	0,50	0,67	2,06	1,67	0,33	2,17		0,51	15,22	6,33	1,67	24,17	1,61	0,78	0,83	1,67	0,83	1,67
Larga ripartizione ecologica (Lre)	4,83	3,01	1,83	4,17	4,17	1,17	3,78	3,67	1,11	2,50	3,72	1,67	2,33	2,41	1,61	3,00	2,17	3,89	3,56	2,06	4,17	3,00	3,83	2,83

3.8.4. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 16 taxa che complessivamente hanno costituito il 77% circa delle comunità censite nell'estate 2012, includendo i restanti nella categoria "altro" (fig. 3.66).

Essendo notevole la quantità di specie necessaria per raggiungere questa percentuale, per rendere più fluida la lettura del presente capitolo nella trattazione che segue verranno commentati solo i taxa principali.

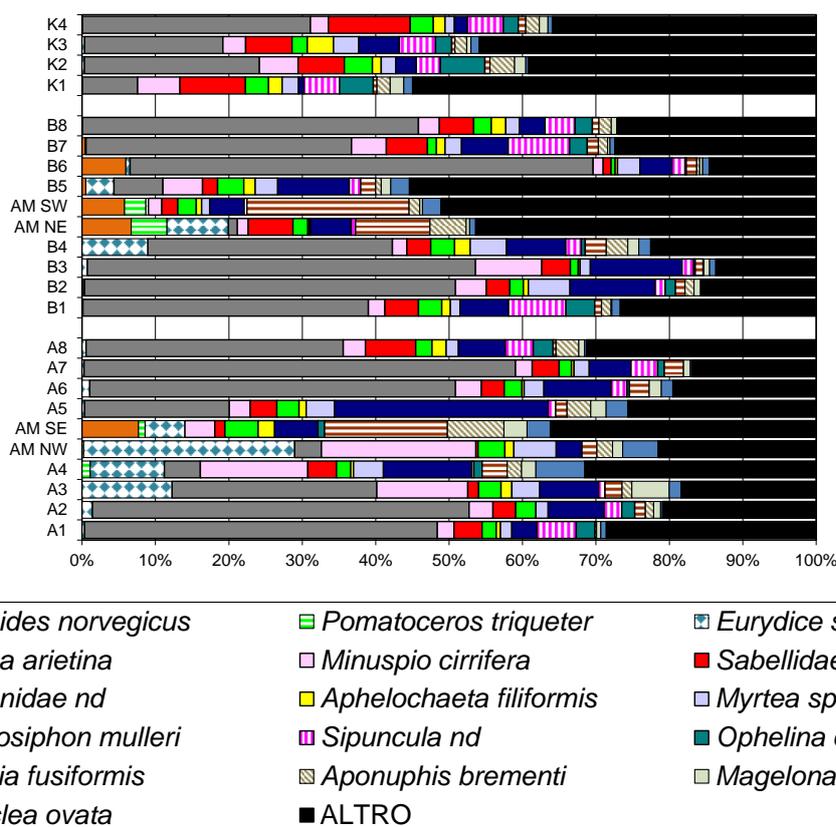


Fig. 3.66 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nell'estate 2012.

Escludendo i siti AM, è evidente la forte dominanza di *D. arietina* nella quasi totalità delle stazioni dei transetti, già riscontrata a partire dall'inverno 2011 (Fabi *et al.*, 2016). Solo in A4 ha prevalso *M. cirrifera*, che ha rappresentato una porzione del popolamento solo leggermente superiore ad *A. muelleri* (14,6% e 12,1% rispettivamente). Una situazione molto simile ai transetti è stata riscontrata ai controlli, anche se in questi siti le percentuali di *D. arietina* sono apparse inferiori, con conseguente migliore ripartizione delle abbondanze tra le altre specie. Solo in K1 questo polichete ha presentato una percentuale (7,5%) simile a quella dei sabellidi (8,9%). AM SE, AM SW e AM NE sono risultati

accomunati dalla dominanza di *O. fusiformis*, anche se nell'ultima stazione questo polichete ha presentato una percentuale inferiore rispetto a quelle delle altre stazioni e simile a quella di *Eurydice* sp (10,9% e 9,0% rispettivamente), isopode risultato dominante in AM NW con il 28,7%.

Le curve di dominanza cumulativa (fig. 3.67) evidenziano la ridotta dominanza di *D. arietina* ai controlli rispetto ai transetti e la migliore ripartizione delle abbondanze tra le altre specie.

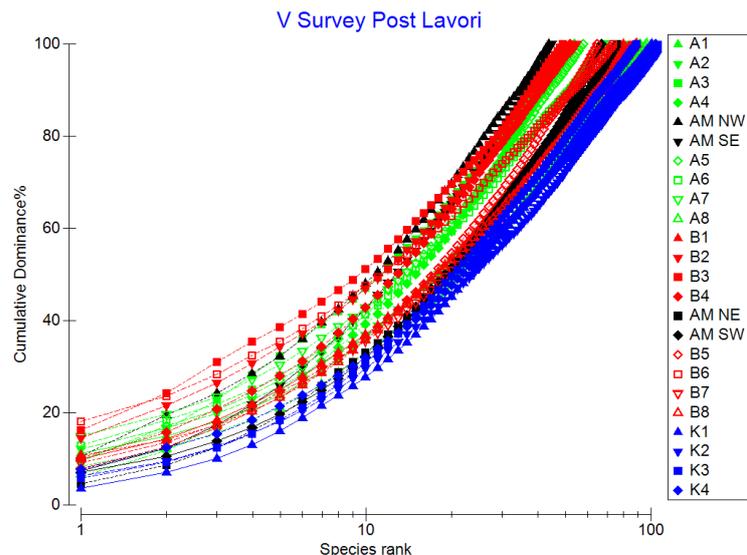


Fig. 3.67 - Curve di dominanza cumulative ottenute per le stazioni campionate nell'estate 2012.

3.8.5. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nell'estate 2012 sono stati censiti complessivamente 240 taxa, quantitativo molto simile al massimo assoluto raggiunto nell'inverno precedente (243; Fabi *et al.*, 2016), principalmente policheti (89), molluschi (61), crostacei (59) ed echinodermi (11; Tab. 3-XXXI).

Il transetto A ha presentato un andamento speculare rispetto alla piattaforma, caratterizzato da un incremento dalla struttura sino a 250 m, interrotto solo a 120 m a SE (fig. 3.68). Il transetto B, invece, non ha presentato un andamento regolare: verso NE si è infatti verificato un decremento già a 30 m da Annamaria B che è continuato sino a 60 m, seguito da un aumento. Verso SW, invece, dopo una lieve riduzione in B5 è avvenuto un incremento sino a 250 m da Annamaria B. A parità di distanza dalla piattaforma i valori maggiori a Nord sono stati registrati lungo A. In corrispondenza della struttura e verso Sud eccetto a 250 m sono stati invece rinvenuti lungo B. Nei controlli K1, K2 e K4 sono

stati raggiunti i valori di S maggiori, nettamente superiori a quelli dell'area circostante la piattaforma. Solo K3, con 89 specie, è apparso comparabile a poche stazioni di A e B, risultando anch'esso superiore alla maggior parte dei siti.

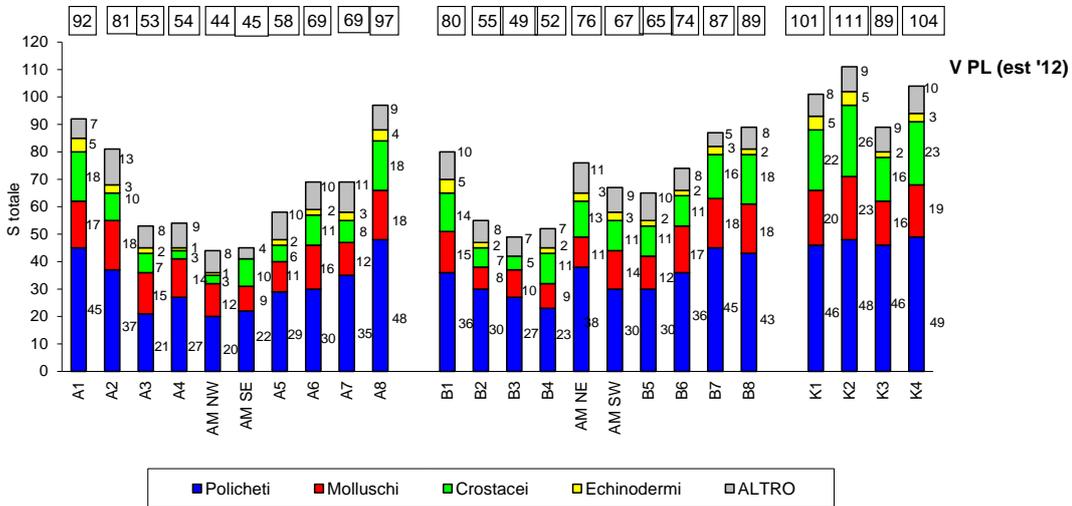


Fig. 3.68 - Ripartizione secondo il gruppo di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni monitorate nell'estate 2012. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

Analogamente a tutti i monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2016), anche nell'estate 2012 i policheti hanno costituito il gruppo principale ovunque. Al secondo e/o terzo posto si collocano molluschi e crostacei, seguiti dagli echinodermi, assenti solo in AM SE.

Come già rilevato nell'intero periodo di indagine (Fabi *et al.*, 2016), dal punto di vista qualitativo i popolamenti censiti nell'estate 2012 sono risultati piuttosto simili poiché le specie esclusive, presenti cioè solo in un sito, hanno costituito al massimo l'8% della comunità, percentuale ottenuta in AM NE (6 specie esclusive; Tab. 3-XXXI).

3.8.6. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_m)

I trend di S_m relativi ai transetti sono risultati, salvo qualche eccezione, molto simili (fig. 3.69). In entrambi i casi, infatti, si è registrata una riduzione da 250 a 60 m da Nord verso la struttura che, lungo A, è proseguita sino ad AM SE. Lungo B, invece, è avvenuto un aumento in AM NE. Dai 30-60 m verso Sud l'andamento è diventato crescente sino a B7 e sino ad A8, con una interruzione in A7.

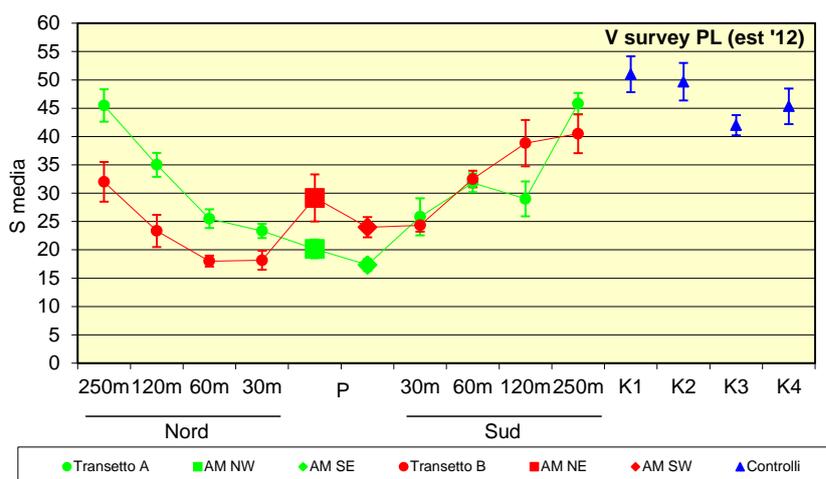


Fig. 3.69- Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nelle stazioni nell'estate 2012.

Presso i controlli sono stati registrati valori sempre superiori rispetto all'area circostante la piattaforma sino ad almeno 60 m di distanza.

Rispetto all'inverno 2012 non si sono avute variazioni univoche, essendo l'indice aumentato in alcuni siti e ridotto in altri (Fabi *et al.*, 2016).

3.8.7. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Come già riscontrato sin dall'estate 2010 (Fabi *et al.*, 2016), anche in quella del 2012 i trend della Diversità specifica relativi ai due transetti sono apparsi piuttosto irregolari, presentando numerose oscillazioni (fig. 3.70).

Lungo A, minimo e massimo sono stati registrati rispettivamente in A7 e A8, mentre lungo B sono stati osservati in B6 e AM NE. Solo in tre casi (250 m a Nord, AM SE-AM NE, 30 m a Sud) sono stati ottenuti valori comparabili tra i due transetti a parità di distanza dalla piattaforma. Ai controlli H' è risultata superiore rispetto ai transetti, a causa di una migliore ripartizione delle abbondanze tra le specie rinvenute (cfr. Cap. 3.8.4.); solo K4 è apparso comparabile con i valori più alti dei transetti e K2 con AM NE.

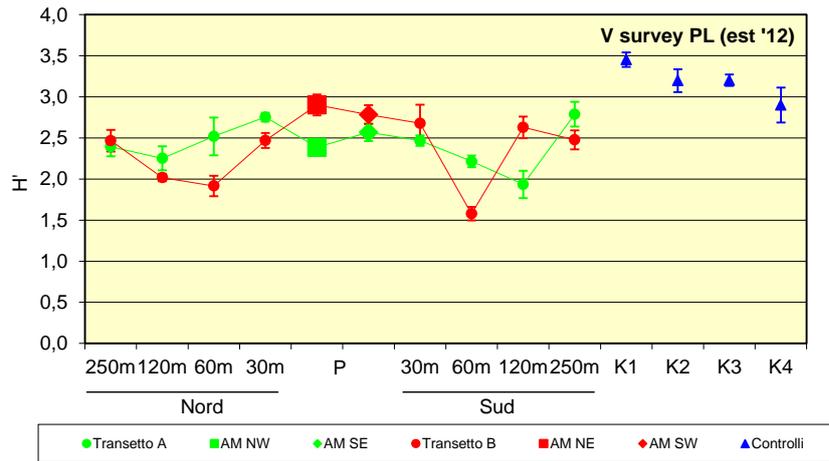


Fig. 3.70 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nelle stazioni nell'estate 2012.

3.8.8. MULTIDIMENSIONAL SCALING

Mediante il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie campionate nell'estate 2012, le stazioni sono state suddivise in tre raggruppamenti (similarità 50%; fig. 3.71a) di cui uno costituito da 3 siti adiacenti alla piattaforma e un altro contenente la quarta stazione a ridosso di Annamaria B e due stazioni a 30 m (A4 e B5). Tale suddivisione è stata determinata dai differenti quantitativi e/o presenza/assenza di alcune tra le specie principali come *D. arietina* (fig. 3.71b), abbondante nelle stazioni costituenti il terzo raggruppamento e rara o assente negli altri due, o *O. fusiformis*, maggiormente presente a ridosso di Annamaria B (fig. 3.71c). Le stazioni della piattaforma, A4 e B5 si sono isolate dai restanti siti anche per la presenza esclusiva di alcune specie di fondo duro come ad esempio *Pomatoceros triqueter* (fig. 3.71d) e *Scrupocellaria scruposa* (fig. 3.71e).

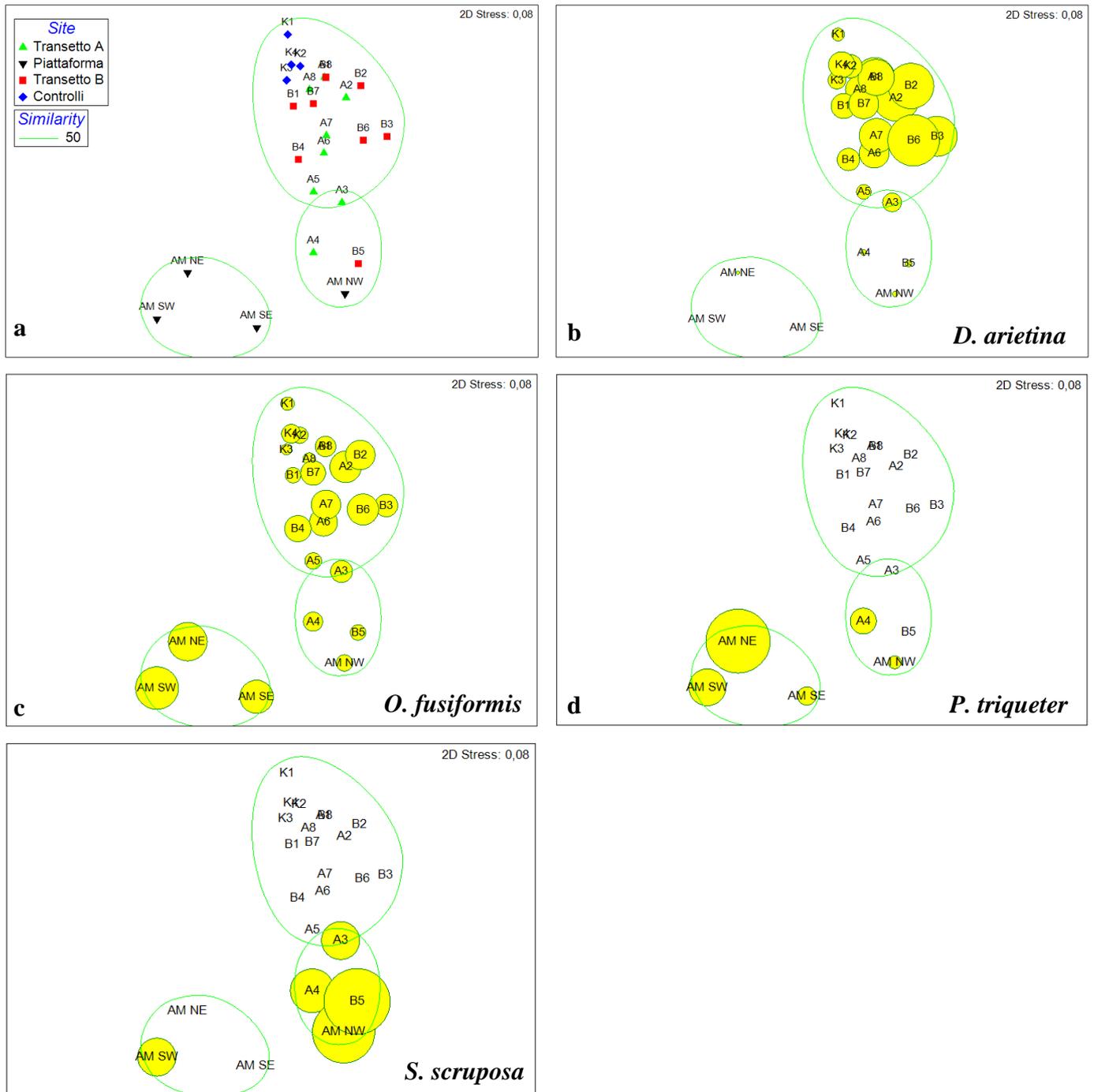


Fig. 3.71 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell'estate 2012 tramite il metodo del Multi-Dimensional Scaling. I cerchi gialli indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.8.9. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

3.4.9.1 Indice W di Clarke

L'indice W di Clarke relativo all'estate 2012 ha confermato quanto già rilevato precedentemente (Fabi *et al.*, 2016), ovvero una predominanza dello stato "moderatamente disturbato" anche nei siti di controllo (Tab. 3-XXXIV). Solo AM NE e AM SW sono risultate lievemente disturbate.

Tab 3-XXXIV - Valori dell'indice di Clarke ottenuti con i dati relativi all'estate 2012.

Stations	W	Disturbance Classification
A1	0,105	Moderately disturbed
A2	0,129	Moderately disturbed
A3	0,183	Moderately disturbed
A4	0,223	Moderately disturbed
AM NW	0,165	Moderately disturbed
AM SE	0,275	Moderately disturbed
A5	0,182	Moderately disturbed
A6	0,146	Moderately disturbed
A7	0,108	Moderately disturbed
A8	0,155	Moderately disturbed
B1	0,215	Moderately disturbed
B2	0,113	Moderately disturbed
B3	0,107	Moderately disturbed
B4	0,221	Moderately disturbed
AM NE	0,307	Slightly disturbed
AM SW	0,395	Slightly disturbed
B5	0,201	Moderately disturbed
B6	0,080	Moderately disturbed
B7	0,158	Moderately disturbed
B8	0,146	Moderately disturbed
K1	0,286	Moderately disturbed
K2	0,231	Moderately disturbed
K3	0,180	Moderately disturbed
K4	0,199	Moderately disturbed

3.8.9.2 Indice AMBI

L'applicazione dell'indice AMBI ha permesso di ottenere i risultati indicati in Tab. 3-XXXV. I risultati appaiono contrapposti a quelli dell'indice W essendo predominante una situazione di “non disturbo”. Vengono solo confermati i risultati relativi ad AM NE e AM SW. Tale situazione di non disturbo è determinata dalla prevalenza dei taxa appartenenti al gruppo ecologico 1 (specie sensibili) cui appartiene, secondo AMBI, *D. arietina*.

Tab. 3-XXXV - Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito di campionamento nell'estate 2012 suddivise nei 5 gruppi ecologici (I = specie molto sensibili; II = specie indifferenti all'arricchimento organico; III = specie tolleranti; IV = specie opportuniste di II ordine; V = specie opportuniste di I ordine) e classificazione del disturbo ambientale secondo l'indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione.

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Disturbance Classification
A1	71,20	19,40	5,50	3,90	0	0,631	Undisturbed
A2	73,80	15,80	5,90	4,50	0	0,618	Undisturbed
A3	63,30	17,30	5,80	13,70	0	1,049	Undisturbed
A4	44,60	30,80	6,20	17,80	0,70	1,487	Slightly disturbed
AM NW	51,70	17,40	7,50	23,40	0,00	1,540	Slightly disturbed
AM SE	28,10	48,30	19,20	4,40	0	1,500	Slightly disturbed
A5	66,50	24,00	5,20	4,30	0,00	0,710	Undisturbed
A6	71,90	18,60	5,50	3,90	0	0,620	Undisturbed
A7	75,10	16,10	5,60	3,20	0	0,552	Undisturbed
A8	61,50	26,10	7,60	4,50	0	0,840	Undisturbed
B1	68,00	21,00	6,60	4,40	0	0,711	Undisturbed
B2	72,60	18,10	4,20	5,10	0	0,630	Undisturbed
B3	74,00	10,80	5,10	10,10	0	0,769	Undisturbed
B4	61,70	27,80	7,50	2,90	0	0,774	Undisturbed
AM NE	36,30	46,10	15,10	2,60	0	1,260	Slightly disturbed
AM SW	22,40	54,90	19,80	3,00	0,00	1,551	Slightly disturbed
B5	38,60	45,90	7,90	7,10	1	1,276	Slightly disturbed
B6	78,60	11,50	7,70	2,10	0	0,504	Undisturbed
B7	62,50	24,90	6,20	6,50	0	0,849	Undisturbed
B8	67,90	22,30	6,10	3,70	0	0,686	Undisturbed
K1	47,40	34,40	10,10	8,10	0	1,184	Undisturbed
K2	55,10	28,70	9,60	6,50	0	1,017	Undisturbed
K3	50,90	34,30	9,10	5,70	0	1,042	Undisturbed
K4	56,20	30,10	9,20	4,50	0	0,932	Undisturbed

3.8.9.3 Indice BENTIX

In linea generale il Bentix è risultato più coerente con l'indice di Clarke (Tab. 3-XXXVI), classificando la maggior parte delle stazioni inclusi due controlli come moderatamente disturbate. Ciò è dovuto al fatto che, a differenza di AMBI, il BENTIX classifica *D. arietina* come specie "tollerante". Come gli altri due indici, ha confermato la presenza di un ambiente leggermente disturbato in AM NE e AM SW.

3.8.9.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XXXVII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici. Il risultato indica la presenza di uno stato tra il buono e il buono/moderato ovunque eccetto in B5, dove è stata evidenziata una situazione moderata. Rispetto all'inverno 2012 (Fabi *et al.*, 2016), la situazione è apparsa migliorata in 6 stazioni di cui quattro collocate lungo i transetti (A1, A3, A5, AM SW) e due controlli (K1 e K2), peggiorata in quattro siti (AM NW, A6, B4 e B5) e rimasta invariata altrove. Si tratta comunque di lievi variazioni nella scala dei tre indici.

Tab. 3-XXXVI - Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale per le stazioni campionate nell'estate 2012.

Stations	BENTIX	Disturbance Classification
A1	3,0	Moderately polluted
A2	3,1	Moderately polluted
A3	3,6	Slightly polluted
A4	3,9	Slightly polluted
AM NW	3,9	Slightly polluted
AM SE	4,7	Undisturbed
A5	4,1	Slightly polluted
A6	3,1	Moderately polluted
A7	2,8	Moderately polluted
A8	3,3	Moderately polluted
B1	3,2	Moderately polluted
B2	3,1	Moderately polluted
B3	2,9	Moderately polluted
B4	3,5	Moderately polluted
AM NE	4,5	Slightly polluted
AM SW	4,1	Slightly polluted
B5	3,1	Moderately polluted
B6	2,6	Moderately polluted
B7	3,3	Moderately polluted
B8	3,1	Moderately polluted
K1	3,7	Slightly polluted
K2	3,5	Slightly polluted
K3	3,4	Moderately polluted
K4	3,0	Moderately polluted

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

Stations	W	AMBI	BENTIX	Ecological status
	Disturbance Classification	Disturbance Classification	Disturbance Classification	
A1	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
A2	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
A3	Moderately disturbed	Undisturbed	Slightly polluted	Good
A4	Moderately disturbed	Slightly disturbed	Slightly polluted	Good/Moderate
AM NW	Moderately disturbed	Slightly disturbed	Slightly polluted	Good/Moderate
AM SE	Moderately disturbed	Slightly disturbed	Undisturbed	Good
A5	Moderately disturbed	Undisturbed	Slightly polluted	Good
A6	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
A7	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
A8	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
B1	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
B2	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
B3	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
B4	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
AM NE	Slightly disturbed	Slightly disturbed	Slightly polluted	Good
AM SW	Slightly disturbed	Slightly disturbed	Slightly polluted	Good
B5	Moderately disturbed	Slightly disturbed	Moderately polluted	Moderate
B6	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
B7	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
B8	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
K1	Moderately disturbed	Undisturbed	Slightly polluted	Good
K2	Moderately disturbed	Undisturbed	Slightly polluted	Good
K3	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate
K4	Moderately disturbed	Undisturbed	Moderately polluted	Good/Moderate

3.8.10. MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

Il campione prelevato nell'estate 2012 dalle parti sommerse della piattaforma era costituito da 52 esemplari, corrispondenti a 3,3 ind/dm², e aveva un peso fresco di 1,4 kg. Il range di taglia è risultato compreso tra 24 e 76 mm LC e il 67% circa degli esemplari aveva raggiunto o superato la taglia minima commerciale di 50 mm LC (fig. 3.72).

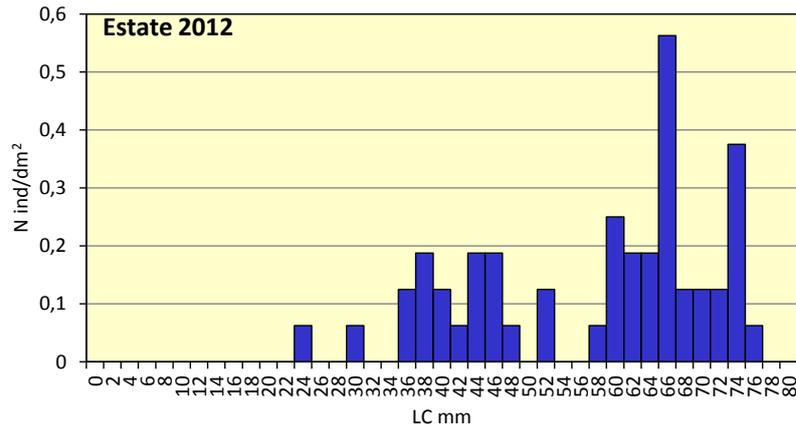


Fig. 3.72 - Distribuzione di frequenza delle lunghezze degli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati dalle parti sommerse di Annamaria B nell'estate 2012.

3.9. INDAGINI SULLA COMUNITÀ ITTICA

3.9.1. CAMPIONAMENTI DI PESCA

3.9.1.1 Ricchezza specifica e Diversità specifica

Nel corso dei campionamenti di pesca condotti nei primi due anni d'indagine (inverno 2011 - autunno 2012) sono state censite complessivamente 74 specie di cui 62 pesci, 5 molluschi e 7 crostacei. Di queste, 68 (57 pesci, 5 molluschi e 6 crostacei) sono comparse nelle catture effettuate nei pressi della piattaforma Annamaria B, 43 presso C1 (38 pesci, 4 crostacei e 1 mollusco) e 38 in C2 (40 pesci, 2 molluschi e 3 crostacei; Tabb. 3-XXXVIII - 3-XL). Esclusivamente presso il sito di estrazione sono stati censiti i crostacei decapodi *Palinurus elephas*, *Nephrops norvegicus* e *Squilla mantis*, i molluschi *Pecten jacobaeus*, *Illex coindetii* e *Loligo vulgaris* e i pesci *Conger conger*, *Dentex dentex*, *Scorpaena porcus*, *Phycis blennoides*, *Trachurus picturatus*, *Torpedo torpedo*, *Dicentrarchus labbra*, *Diplodus annularis*, *Diplodus sargus sargus*, *Spondilyosoma cantharus*, *Zeus faber*, *Sphyraena sphyraena*, *Sarda sarda*, *Spicara smaris* e *Sardinella aurita*. Per quanto riguarda il sito di controllo C1 sono state registrate catture esclusive del crostaceo *Dromia personata* e dei pesci cartilaginei *Raja miraletus* e *Mustelus mustelus*, mentre non sono state censite specie esclusive nel sito di controllo C2.

La Ricchezza specifica media relativa al periodo di campionamento è risultata più elevata presso la piattaforma rispetto ai controlli, come confermato dall'analisi statistica che ha evidenziato una differenza altamente significativa tra il sito di estrazione e i due riferimenti (Tabb. 3-XLI e 3-XLII).

Per quanto concerne la Ricchezza specifica media stagionale (S_{ms} ; fig. 3.73), in tutte le stagioni presso la piattaforma sono stati ottenuti valori sempre superiori a quelli dei due controlli. Il trend di questo indice presso Annamaria B è stato caratterizzato da un incremento tra l'inverno e l'estate 2011 (estate: $28,33 \pm 2$, massimo assoluto) e da una flessione fino all'inverno 2012, per poi proseguire con valori comparabili fino all'autunno 2012. I controlli hanno presentato trend di Ricchezza specifica differenti tra loro e caratterizzati, per quanto riguarda C1, da valori comparabili meno che nell'inverno e nella primavera 2012 quando sono stati raggiunti i minimi, mentre il controllo C2 è stato caratterizzato da un incremento dei valori di S piuttosto accentuato tra l'inverno (minimo pari a $4,33 \pm 1,45$) e l'autunno 2011, quando ha raggiunto il massimo assoluto per questo sito ($20,00 \pm 3,00$). Dopo un decremento nell'inverno 2012, l'indice si è stabilizzato fino a fine periodo.

Tab. 3-XXXVIII - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle singole specie catturate con i campionamenti di pesca presso la piattaforma Annamaria B. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Categoria	Nome	Tipo	CodAttra	2011								2012							
				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)
Crostacei	<i>Homarus gammarus</i>	B	AT					29,06	58,06	15,12	37,58			4,86	10,33	7,30	13,44		
	<i>Palinurus elephas</i>	B	AT	1,37	1,4			4,74	5,14			1,24	3,15	1,19	1,21	1,37	1,50		
	<i>Calappa granulata</i>	B	NA			2,11	0,4			3,36	0,64			3,59	0,65	3,07	0,70		
	<i>Maja squinado</i>	B	NA	4,11	3,11	68,07	39,76	175,7	105,46	224,2	170,82	9,85	7,16	71,64	40,98	54,06	34,74	11,00	8,17
	<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA											1,97	0,28				
	<i>Squilla mantis</i>	B	NA												1,70	0,10			
Crostacei Totale				5,48	4,51	70,18	40,16	209,5	168,66	242,68	209,04	11,09	10,31	83,25	53,45	67,51	50,48	11,00	8,17
Molluschi	<i>Loligo vulgaris</i>	P	PA									1,24	0,63					1,48	0,51
	<i>Illex coindetii</i>	P	NA	6,85	0,72	1,55	0,36	21,88	1,86	20,14	0,98								
	<i>Octopus vulgaris</i>	B	AT			4,26	17,54			2,52	2,5	1,32	3,51	1,62	3,14				
	<i>Pecten jacobaeus</i>	B	NA			1,55	0,07												
	<i>Sepia officinalis</i>	B	NA	1,37	0,53					27,78	11,88	32,85	11,65	13,13	4,31			30,39	7,99
Molluschi Totale				8,22	1,25	7,36	17,97	21,88	1,86	50,44	15,36	35,41	15,79	14,76	7,45			31,87	8,50
Pesci	<i>Conger conger</i>	B	AT					2,94	1,54					1,62	1,69				
	<i>Mullus surmuletus</i>	B	AT	15,1	4,48	32,66	5,44	20,92	5,3	8,42	1	6,94	1,66	6,75	1,14	7,30	0,73	5,60	1,06
	<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	2,75	0,24	2,11	0,15	21,64	1,28			1,32	0,02	22,46	1,59	1,37	0,08		
	<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT	1,37	0,11	9,05	1,72	12,5	2,08					22,81	4,86	1,48	0,27	1,37	0,17
	<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT					7,68	2,68	5,06	1,56				1,37	0,88	1,37	0,26	
	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA	8,23	1,3	6,76	1,46	116,68	14,44	522,58	53,48	24,16	3,42	16,32	3,31	63,42	7,19	22,51	11,09
	<i>Citharus linguatula</i>	B	NA					7,68	0,23					1,62	0,07			1,37	0,08
	<i>Eutrigla gurnardus</i>	B	NA	2,76	0,04			11	0,1	6,72	0,1							1,48	0,02
	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	B	NA	4,12	0,05								1,32	0,01					
	<i>Lophius budegassa</i>	B	NA			4,65	0,76					1,24	1,48						
	<i>Lophius piscatorius</i>	B	NA							6,72	14,94								
	<i>Microchirus ocellatus</i>	B	NA							2,52	0,1							1,37	0,07
	<i>Microchirus variegatus</i>	B	NA	2,74	0,06	4,23	0,11	2,94	0,06					3,93	0,10	1,70	0,05		
	<i>Mullus barbatus</i>	B	NA	10,99	0,64	12,39	0,51	33,44	1,38	37	2,17	22,96	0,94	15,96	0,69	11,52	0,58	9,72	0,49
	<i>Phycis blennoides</i>	B	NA			7,33	2,95	6,62	2,2					1,19	5,22	1,70	8,68		
	<i>Psetta maxima</i>	B	NA	1,37	9,19											1,37	0,72		
	<i>Scophthalmus rhombus</i>	B	NA			1,55	0,4			3,36	0,92		1,32	0,47					
	<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA			1,55	0,15	9,48	2,08										
	<i>Solea solea</i>	B	NA	2,76	0,69	1,55	0,15	9,48	2,08			3,96	0,65	12,04	1,70	5,60	0,95	1,48	0,33
	<i>Squalus acanthias</i>	B	NA	5,48	3,33	2,71	3,05							7,52	3,29	5,49	4,46		
	<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA			14,7	11,42	57,48	49,48	98,48	70,3	2,48	1,73	25,04	21,91	20,96	18,01	51,24	32,76
	<i>Torpedo torpedo</i>	B	NA	1,37	1,99			4,74	4,58			2,64	2,60	1,62	0,79			5,49	3,93
	<i>Trachinus draco</i>	B	NA			9,05	0,61	32,66	3,26	3,36	0,4					3,18	0,43	1,48	0,09
	<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA	1,38	0,22	1,55	0,1								5,13	0,62	1,48	0,13	1,37
	<i>Phycis phycis</i>	B	PA					21,88	7,26	6,72	0,74	1,82	2,93	3,24	0,74	9,00	3,96	5,50	1,79
	<i>Dentex dentex</i>	NB	AT									1,24	0,28						
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	NB	AT									1,82	0,58						
	<i>Diplodus sargus sargus</i>	NB	AT			2,71	0,55									2,74	0,46	2,75	0,41
	<i>Diplodus vulgaris</i>	NB	AT			8,45	0,98					2,52	0,32	8,69	1,32				
	<i>Sparus aurata</i>	NB	AT	1,37	0,26	17,21	2,65	2,94	0,54	60,56	10,02	11,75	1,76			1,37	0,31	1,37	0,22
	<i>Spondilyosoma cantharus</i>	NB	AT	8,24	1,25	10,62	3,28	44,46	5,18	26,02	2,8	3,72	0,55			4,78	0,80		
	<i>Merlangius merlangus</i>	NB	NA			3,1	0,29	7,68	0,3	3,36	0,08								
	<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA			2,71	1,03	2,94	1,78	10,06	0,7			7,52	3,28	4,78	0,79	5,49	0,21
	<i>Myliobatis aquila</i>	NB	NA					6,62	14,56	3,36	31,56							1,37	6,49
	<i>Pagellus acarne</i>	NB	NA	12,34	1,78	9,44	0,73	58,46	4,52	32,8	2,4	27,15	1,70	8,36	0,52	18,77	1,36	11,52	0,84
	<i>Diplodus annularis</i>	NB	PA															1,48	0,03
	<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA	307,3	16,61	165,8	8,69	1628,9	88,99	866,6	42,82	161,06	6,43	260,35	13,26	288,21	15,54	336,33	14,59
	<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA	52,15	3,61	45,99	3,26	165,72	15,24	106,82	8,75	176,61	10,09	158,35	11,02	111,33	8,56	58,26	4,81
	<i>Serranus hepatus</i>	NB	PA							2,52	0,02			1,62	0,05				
	<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	91,99	6,17	80,81	4,79	473,8	23,72	303,24	17,23	94,55	4,55	125,05	6,84	90,70	4,36	70,81	3,34
	<i>Zeus faber</i>	NB	PA			1,55	0,74												
	<i>Sphyraena sphyraena</i>	P	AT	1,37	0,17														
	<i>Alosa fallax fallax</i>	P	NA	4,11	1,04			7,68	5,16			1,24	0,58						
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	2,75	0,03	94,41	1,23	638,18	7,56					30,09	0,42	3,07	0,04		
	<i>Euthynnus alletteratus</i>	P	NA			3,1	5,09	4,74	7,42									14,59	22,30
	<i>Sardina pilchardus</i>	P	NA	12,34	0,34	19,89	0,57	34,4	1,16	19,3	0,58	1,82	0,04	35,41	0,59				
	<i>Sardinella aurita</i>	P	NA	1,37	0,16														
	<i>Boops boops</i>	P	PA	136	8,67	199,4	14,29	481,96	33,82	83,94	6,88	185,64	12,17	97,18	5,13	8,23	0,50		
	<i>Sarda sarda</i>	P	PA	8,23	5,56					10,1	6,12								
	<i>Scomber japonicus</i>	P	PA	41,17	14,9	6,96	3,13	345,94	102,98	37,78	11,88	143,61	25,71	83,38	21,57	6,15	2,79	4,12	0,71
	<i>Scomber scombrus</i>	P	PA	8,25	1,27	7,89	1,33	90	14,84	10	2,76	38,97	0,78			9,93	2,04	8,46	1,44
	<i>Spicara maena</i>	P	PA	17,85	0,86	9,44	0,42	114,88	5,36	40,36	1,98	154,89	7,01	34,29	1,52	16,79	0,79	23,67	1,20
	<i>Spicara smaris</i>	P	PA			1,55	0,06							1,97	0,05	5,11	0,20		
	<i>Trachurus mediterraneus</i>	P	PA	288,2	22,71	68,6	5,3	483,24	31,61	13,42	0,64	78,49	5,75	72,03	4,72	61,35	4,78	7,09	1,94
	<i>Trachurus picturatus</i>	P	PA			7,89	2,78												
	<i>Trachurus spp</i>	P	PA													1,37	0,21		
	<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA			91,22	6,14	351,04	18,33	145,42	9,48	116,46	7,76	39,40	2,69	5,60	0,44	1,37	0,21
Pesci Totale				1056	107,7	969	96,16	5313,8	481,02	2479,2	302,73	1277,88	102,98	1102,27	119,38	771,72	86,63	665,55	115,56
Totale complessivo				1069	113,5	1047	154,29	5545,2	651,54	2772,3	527,13	1324							

Tab. 3-XXXIX - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle singole specie catturate con i campionamenti di pesca presso il Controllo 1 (C1). I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Categoria	Nome	Tipo	CodAttr	2011								2012								
				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)	
Crosteacei	<i>Homarus gammarus</i>	B	AT					6,24	10,64											
	<i>Calappa granulata</i>	B	NA							2,50	0,54									
	<i>Maja squinado</i>	B	NA	8,40	5,91	19,99	13,28	81,04	58,66	35,66	20,68	16,18	9,74	26,63	21,19	22,98	13,68	9,36	4,66	
Crosteacei Totale																				
Molluschi	<i>Octopus vulgaris</i>	B	AT			1,49	4,00	2,76	6,04											
	<i>Sepia officinalis</i>	B	NA									2,49	0,84	1,19	0,54	1,64	2,32	4,16	0,94	
Molluschi Totale						1,49	4,00	2,76	6,04			2,49	0,84	1,19	0,54	1,64	2,32	4,16	0,94	
Pesci	<i>Boops boops</i>	P	PA			1,51	0,20	9,36	0,82	12,54	0,32							1,33	0,06	
	<i>Mullus surmuletus</i>	B	AT							2,50	0,18			2,39	0,22					
	<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	1,49	0,14	1,51	0,21	5,52	0,48	8,42	0,62			3,13	0,21	5,45	0,38	9,49	0,63	
	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA					5,88	1,38	9,30	0,60	1,48	0,25	2,82	0,27			6,71	0,54	
	<i>Citharus linguatula</i>	B	NA					3,14	0,03	10,22	0,14			3,24	0,14	2,91	0,08	1,33	0,04	
	<i>Eutrigla gurnardus</i>	B	NA									2,96	0,05					1,33	0,07	
	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	B	NA					2,76	0,04							1,64	0,02			
	<i>Lophius budegassa</i>	B	NA			1,51	0,21					2,96	1,50							
	<i>Microchirus ocellatus</i>	B	NA					3,12	0,14							1,27	0,07			
	<i>Microchirus variegatus</i>	B	NA			10,45	0,21	6,26	0,12	3,40	0,08	2,66	0,06	20,60	0,51	9,19	0,21	1,33	0,03	
	<i>Mullus barbatus</i>	B	NA					6,24	0,24	12,71	0,78			4,78	0,21	1,27	0,03			
	<i>Psetta maxima</i>	B	NA			1,51	11,92									1,64	4,63			
	<i>Raja clavata</i>	B	NA	2,71	4,07			9,00	22,18	3,40	8,30	1,48	8,28			8,23	11,68			
	<i>Scophthalmus rhombus</i>	B	NA											1,19	0,60			1,39	0,89	
	<i>Scylliorhinus canicula</i>	B	NA			1,78	0,58			3,40	1,24			11,35	4,31	5,93	2,29	2,77	0,70	
	<i>Solea solea</i>	B	NA	7,32	1,08	3,56	0,83	9,42	1,28	16,74	4,22	5,41	1,24	6,80	1,13	7,99	1,45	14,66	2,68	
	<i>Squalus acanthias</i>	B	NA	5,96	3,18	9,21	8,60	5,88	23,12	16,84	10,79	9,72	11,56	24,22	19,58	12,61	12,61	65,14	55,90	
	<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA			1,49	0,94	2,76	0,58											
	<i>Trachinus draco</i>	B	NA			3,02	0,22	11,78	1,14	5,02	0,19	2,79	0,14	3,24	0,18	4,93	0,40	2,65	0,33	
	<i>Trigloporus lastoviza</i>	B	NA											1,19	0,04					
	<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA									1,31	0,15							
	<i>Lophius piscatorius</i>	B	NA							2,50	0,63									
	<i>Phycis phycis</i>	B	PA							2,50	0,92									
	<i>Merlangius merlangus</i>	NB	NA			2,97	0,11							1,19	0,04					
	<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA			1,51	0,12	6,28	0,55	5,90	1,27			6,80	0,52	6,04	1,52	2,67	0,20	
	<i>Myliobatis aquila</i>	NB	NA					2,76	31,44	7,52	20,05	1,18	5,77							
	<i>Pagellus acarne</i>	NB	NA							2,50	0,14			1,19	0,07					
	<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA					45,32	2,02	175,54	6,34	1,31	0,05			6,58	0,33			
	<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA	5,83	0,22	10,50	0,44	53,68	2,87	52,12	1,95	6,34	0,31	17,67	0,70	27,36	1,47	32,08	1,44	
	<i>Serranus hepatus</i>	NB	PA									1,48	0,03							
	<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	2,71	0,10	1,51	0,04	18,34	1,14	139,74	8,54	1,48	0,04	21,04	0,97	3,29	0,09	6,83	0,36	
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	13,56	0,16	3,56	0,04					42,47	0,36	1,62	0,02			1,33	0,01	
	<i>Euthynnus alletteratus</i>	P	NA					3,14	4,76	12,72	6,36							10,61	4,05	
<i>Sardina pilchardus</i>	P	NA	1,36	0,02			12,46	0,34	18,44	0,42	2,62	0,05	27,10	0,61	1,64	0,03				
<i>Sprattus sprattus sprattus</i>	P	NA															1,33	0,02		
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA					6,24	1,44					1,94	0,56						
<i>Scomber scombrus</i>	P	PA					2,76	0,48	3,40	0,92					1,27	0,18				
<i>Spicara maena</i>	P	PA							2,50	0,10			1,94	0,05			2,66	0,10		
<i>Trachurus mediterraneus</i>	P	PA					3,12	0,12												
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA					3,12	0,24	10,92	0,78										
Pesci Totale					40,94	8,97	55,60	24,67	238,34	96,95	543,29	78,46	87,63	29,83	165,45	30,92	109,26	37,47	165,62	68,07
Totale complessivo					49,34	14,88	77,08	41,95	328,38	172,29	581,45	99,68	106,31	40,42	193,27	52,66	133,89	53,47	179,14	73,67

Tab. 3-XL - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle singole specie catturate con i campionamenti di pesca presso il Controllo 2 (C2). I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Categoria	Nome	Tipo	CodAttr	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)	
Crostacei	<i>Homarus gammarus</i>	B	AT					6,24	10,64											
	<i>Calappa granulata</i>	B	NA							2,50	0,54									
	<i>Maja squinado</i>	B	NA	8,40	5,91	19,99	13,28	81,04	58,66	35,66	20,68	16,18	9,74	26,63	21,19	22,98	13,68	9,36	4,66	
Crostacei Totale				8,40	5,91	19,99	13,28	87,28	69,30	38,16	21,22	16,18	9,74	26,63	21,19	22,98	13,68	9,36	4,66	
Molluschi	<i>Octopus vulgaris</i>	B	AT			1,49	4,00	2,76	6,04							1,64	2,32			
	<i>Sepia officinalis</i>	B	NA									2,49	0,84	1,19	0,54			4,16	0,94	
Molluschi Totale						1,49	4,00	2,76	6,04			2,49	0,84	1,19	0,54	1,64	2,32	4,16	0,94	
Pesci	<i>Mullus surmuletus</i>	B	AT							2,50	0,18			2,39	0,22					
	<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	1,49	0,14	1,51	0,21	5,52	0,48	8,42	0,62			3,13	0,21	5,45	0,38	9,49	0,63	
	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA					5,88	1,38	9,30	0,60	1,48	0,25	2,82	0,27			6,71	0,54	
	<i>Citharus linguatula</i>	B	NA					3,14	0,03	10,22	0,14			3,24	0,14	2,91	0,08	1,33	0,04	
	<i>Eutrigla gurnardus</i>	B	NA									2,96	0,05					1,33	0,07	
	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	B	NA					2,76	0,04							1,64	0,02			
	<i>Lophius budegassa</i>	B	NA			1,51	0,21					2,96	1,50							
	<i>Microchirus ocellatus</i>	B	NA					3,12	0,14							1,27	0,07			
	<i>Microchirus variegatus</i>	B	NA			10,45	0,21	6,26	0,12	3,40	0,08	2,66	0,06	20,60	0,51	9,19	0,21	1,33	0,03	
	<i>Mullus barbatus</i>	B	NA					6,24	0,24	12,71	0,78			4,78	0,21	1,27	0,03			
	<i>Psetta maxima</i>	B	NA			1,51	11,92									1,64	4,63			
	<i>Raja clavata</i>	B	NA	2,71	4,07			9,00	22,18	3,40	8,30	1,48	8,28			8,23	11,68			
	<i>Scophthalmus rhombus</i>	B	NA											1,19	0,60			1,39	0,89	
	<i>Scyliorhinus canicula</i>	B	NA				1,78	0,58			3,40	1,24			11,35	4,31	5,93	2,29	2,77	0,70
	<i>Solea solea</i>	B	NA	7,32	1,08	3,56	0,83	9,42	1,28	16,74	4,22	5,41	1,24	6,80	1,13	7,99	1,45	14,66	2,68	
	<i>Squalus acanthias</i>	B	NA	5,96	3,18	9,21	8,60	5,88	23,12	16,84	10,79	9,72	11,56	24,22	19,58	12,61	12,61	65,14	55,90	
	<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA			1,49	0,94	2,76	0,58	2,50	2,58									
	<i>Trachinus draco</i>	B	NA			3,02	0,22	11,78	1,14	5,02	0,19	2,79	0,14	3,24	0,18	4,93	0,40	2,65	0,33	
	<i>Trigloporus lastoviza</i>	B	NA											1,19	0,04					
	<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA										1,31	0,15						
	<i>Lophius piscatorius</i>	B	NA								2,50	0,63								
	<i>Phycis phycis</i>	B	PA								2,50	0,92								
	<i>Merlangius merlangus</i>	NB	NA			2,97	0,11								1,19	0,04				
	<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA			1,51	0,12	6,28	0,55	5,90	1,27				6,80	0,52	6,04	1,52	2,67	0,20
	<i>Myliobatis aquila</i>	NB	NA					2,76	31,44	7,52	20,05	1,18	5,77							
	<i>Pagellus acarne</i>	NB	NA							2,50	0,14			1,19	0,07					
	<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA					45,32	2,02	175,54	6,34	1,31	0,05			6,58	0,33			
	<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA	5,83	0,22	10,50	0,44	53,68	2,87	52,12	1,95	6,34	0,31	17,67	0,70	27,36	1,47	32,08	1,44	
	<i>Serranus hepatus</i>	NB	PA									1,48	0,03							
	<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	2,71	0,10	1,51	0,04	18,34	1,14	139,74	8,54	1,48	0,04	21,04	0,97	3,29	0,09	6,83	0,36	
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	13,56	0,16	3,56	0,04					42,47	0,36	1,62	0,02			1,33	0,01	
	<i>Euthymus alletteratus</i>	P	NA					3,14	4,76	12,72	6,36							10,61	4,05	
	<i>Sardina pilchardus</i>	P	NA	1,36	0,02			12,46	0,34	18,44	0,42	2,62	0,05	27,10	0,61	1,64	0,03			
	<i>Sprattus sprattus sprattus</i>	P	NA																1,33	0,02
<i>Boops boops</i>	P	PA			1,51	0,20	9,36	0,82	12,54	0,32								1,33	0,06	
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA					6,24	1,44					1,94	0,56						
<i>Scomber scombrus</i>	P	PA					2,76	0,48	3,40	0,92					1,27	0,18				
<i>Spicara maena</i>	P	PA							2,50	0,10			1,94	0,05				2,66	0,10	
<i>Trachurus mediterraneus</i>	P	PA					3,12	0,12												
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA					3,12	0,24	10,92	0,78										
Pesci Totale				40,94	8,97	55,60	24,67	238,34	96,95	543,29	78,46	87,63	29,83	165,45	30,92	109,26	37,47	165,62	68,07	
Totale complessivo				49,34	14,88	77,08	41,95	328,38	172,29	581,45	99,68	106,31	40,42	193,27	52,66	133,89	53,47	179,14	73,67	

Tab. 3-XLI – Valori medi e relativi errori standard ottenuti per i vari indici nel corso dei due anni di indagine relativi alla piattaforma Annamaria B e alle due aree di controllo.

	Annamaria B	C1	C2
S_m	22,96 ± 0,96	9,04 ± 0,68	10,48 ± 1,00
H'	0,96 ± 0,02	0,81 ± 0,03	0,19 ± 0,04
N	451,84 ± 58,05	37,69 ± 6,14	52,02 ± 8,58
P	62,46 ± 7,31	14,51 ± 2,69	17,77 ± 3,01

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

Effetto	g.l.	S _m		H'		N		P	
		p	Tukey test	p	Tukey test	p	Tukey test	p	Tukey test
Sito	2; 68	<0,001**	P _a >> C1, C2	0,011*	P _a > C2	<0,001**	P _a >> C1, C2	<0,001**	P _a >> C1,C2
Anno	2; 68	0,293		0,293		0,858		0,778	
Sito x Anno	4; 68	0,269		0,269		0,108		0,542	

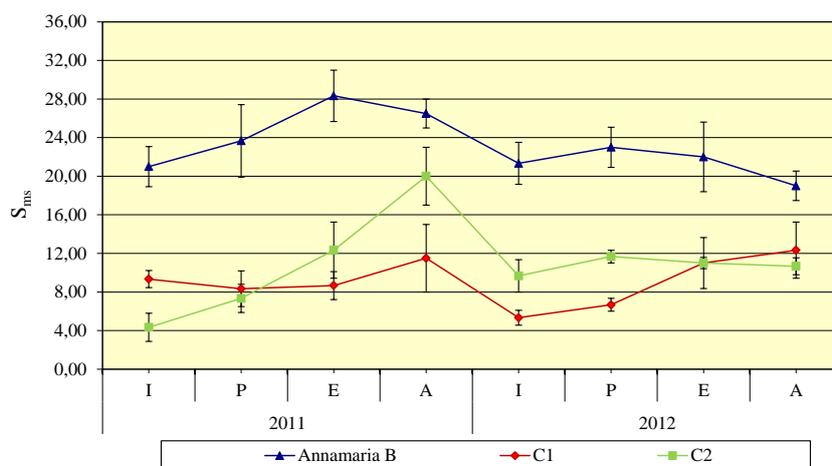


Fig. 3.73 - Ricchezza specifica ottenuta per la piattaforma e per i due siti di controllo nei due anni di indagine. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Per quanto concerne la Diversità specifica di Shannon-Weaver, l'analisi statistica ha evidenziato differenze significative solo tra piattaforma e C2, con un valore medio maggiore in piattaforma (Tabb. 3-XLI e 3-XLII). Il trend di H' relativo ad Annamaria B è apparso pressochè costante nell'intero periodo eccetto nell'autunno 2012, quando si è evidenziato un forte decremento (0,84±0,06) a causa di elevate catture di *Pagellus bogaraveo* (fig. 3.74; Tab. 3-XXXVIII). In C1 H' ha presentato un andamento decrescente

dall'inverno 2011 a quello seguente ($0,62\pm 0,08$) e un aumento nell'estate 2012 ($0,94\pm 0,01$).

In C2 invece è avvenuto un evidente incremento dall'inverno all'estate 2011 (rispettivamente $0,50\pm 0,12$ e $0,90\pm 0,07$). Successivamente, nonostante una riduzione sino all'inverno 2012, un aumento e un ulteriore decremento, i valori sono rimasti confrontabili sino a fine periodo.

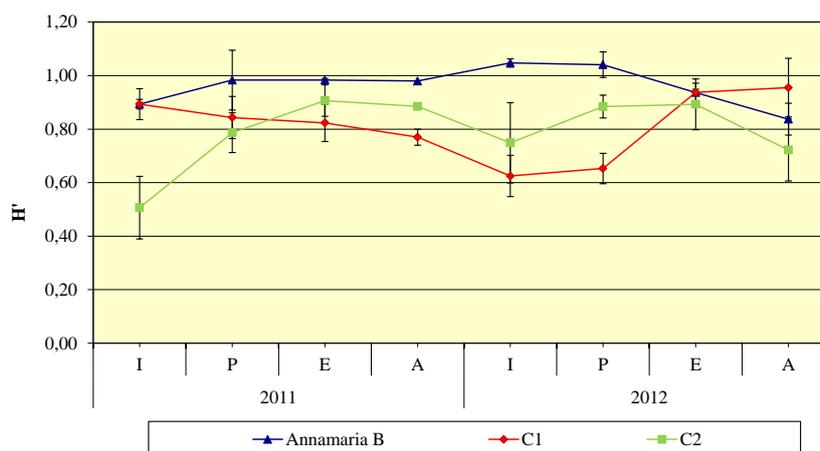


Fig. 3.74 - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma e per i due siti di controllo nei due anni di indagine. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

3.9.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture

I rendimenti di pesca medi calcolati sui due anni di monitoraggio sono risultati superiori sia in termini numerici che ponderali presso la piattaforma rispetto ai due siti di controllo, come confermato anche dai test statistici (Tabb. 3XLI e 3-XLII).

Presso Annamaria B il trend dei rendimenti di pesca in numero (fig. 3.75) è stato caratterizzato da stabilità iniziale (inverno 2011: $356,42\pm 123,47$; primavera 2011: $348,82\pm 55,53$ ind/500m/12h), da un incremento accentuato nell'estate seguente ($924,20\pm 198,86$ ind/500m/12h) e un decremento nell'inverno 2012 che ha portato a un valore ($441,46\pm 154,33$ ind/500m/12h) confrontabile con quelli registrati inizialmente, senza ulteriori variazioni degne di nota.

I siti di controllo hanno evidenziato dei trend simili tra loro e molto più lineari rispetto a quello di Annamaria B; i valori sono inoltre risultati sempre confrontabili.

Anche in termini ponderali i rendimenti di pesca presso la piattaforma hanno evidenziato una forte crescita tra la primavera 2011 ($51,43\pm 9,89$ kg/500m/12h) e l'estate successiva

(108,14±11,49 kg/500m/12h; fig. 3.76). Analogamente alla densità, anche per la biomassa è poi avvenuta un'accentuata riduzione nell'inverno 2012 (43,02±11,45 kg/500m/12h).

I due siti di controllo hanno mostrato trend differenti tra loro: in C1 si è osservato un decremento dall'inverno (14,17±8,12 kg/500m/12h) all'estate 2011 (4,37±2,12 kg/500m/12h) e un aumento nell'autunno seguente (35,22±10,32 kg/500m/12h); dopo una diminuzione in inverno è infine avvenuto un aumento nella primavera 2012. C2, invece, è stato caratterizzato da un incremento sino all'estate 2011, quando è stato raggiunto il massimo per questo sito (28,74±13,42 kg/500m/12h). Le lievi oscillazioni avvenute nelle stagioni successive non hanno determinato variazioni degne di nota ai valori di biomassa.

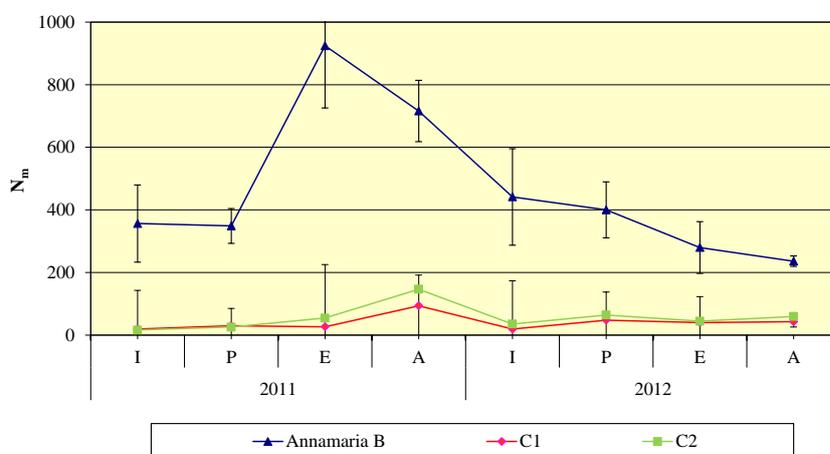


Fig. 3.75 – Numero degli individui catturati presso la piattaforma e nei due siti di controllo nei due anni di indagine. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

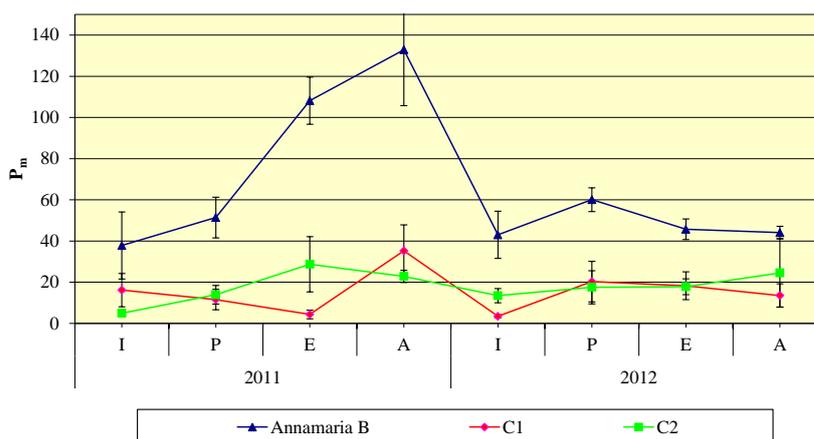


Fig. 3.76 – Peso degli individui catturati presso la piattaforma e nei due siti di controllo nei due anni di indagine. I = inverno; P = primavera; E = estate; A = autunno.

Esaminando la composizione delle catture (fig. 3.77), si deduce che presso tutti e tre i siti oggetto d'indagine i pesci hanno sempre costituito la frazione più importante sia in termini numerici che ponderali seguiti, nell'ordine, da crostacei e da molluschi.

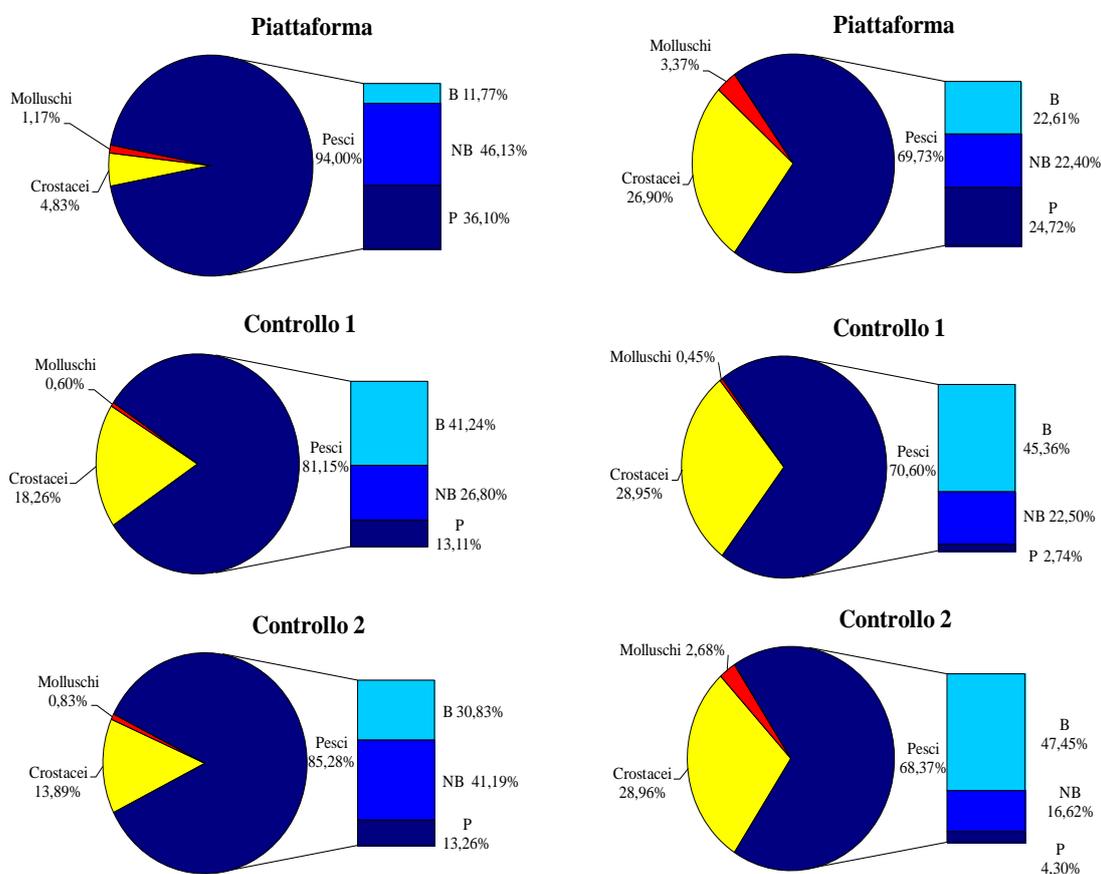


Fig. 3.77 - Composizione percentuale delle catture effettuate presso la piattaforma e nelle zone di controllo nei due anni di indagine.

Pesci bentonici – In totale sono state censite 28 specie ittiche appartenenti a questo gruppo, di cui 25 rinvenute presso la piattaforma, 19 presso C1 e 22 in C2 (Tabb. 3-XXXVIII - 3-XL). In prossimità del sito di estrazione le specie bentoniche hanno costituito il gruppo meno importante in termini numerici (11,77%) e il secondo in peso (22,61%); le catture più abbondanti sia in numero che in peso hanno riguardato *Chelidonichthys lucerna* e *Torpedo marmorata* (Tab. 3-XXXVIII).

Diversamente, presso i siti di riferimento i pesci bentonici hanno rappresentato il gruppo più rilevante sia numericamente che ponderalmente presso C1 (rispettivamente 41,24% e 45,36%) e in peso presso C2 (47,45%). Determinanti presso entrambi i riferimenti sono state le catture di *Squalus acanthias* sia in numero che in peso (fig. 3.78; Tabb. 3-XXXIX e 3-XL). In C1 sono state registrate anche consistenti catture di *C. lucerna*, *S. solea* e in C2

di *Raja clavata* e *S. solea*.



Fig. 3.78 – Esemplari giovanili di *S. acanthias* (freccie gialle) ed esemplare di *R. clavata* (freccia rossa) catturati presso i due siti di controllo.

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 17 specie di cui 16 presso Annamaria B, 11 presso C1 e 8 presso C2 (Tabb. 3-XXXVIII - 3-XL). In piattaforma questo gruppo è risultato il più importante in numero (46,13%) e secondo in peso (22,40%) per le numerose catture di *Pagellus bogaraveo*, *Pagellus erythrinus* e *T. minutus capellanus*.

Per quanto riguarda le catture in C1, i pesci necto-bentonici hanno rappresentato il secondo gruppo per importanza numerica e ponderale (rispettivamente 26,80 e 22,50%), mentre in C2 tale gruppo è risultato primo in numero con il 41,19% e secondo in peso (16,62%); entrambi i siti di riferimento sono stati caratterizzati da consistenti catture numeriche di *P. bogaraveo* e *P. erythrinus* e ponderali di *Myliobatis aquila* (fig. 3.79; Tabb. 3-XXXIX e 3-XL).



Fig. 3.79 – Esemplare di *M. aquila* catturato presso i siti di controllo.

Pesci pelagici – In totale sono state catturate 17 specie ittiche pelagiche, di cui 16 nei dintorni di Annamaria B, 8 in C1 e 10 in C2 (Tabb. 3-XXXVIII - 3-XL).

In piattaforma la frazione dei pesci pelagici è apparsa la seconda in termini numerici (36,10%) e la prima in termini ponderali (24,72%), con *B. boops*, *T. mediterraneus*, *T. trachurus* e *S. japonicus* tra le specie più rappresentative

Presso i controlli questo gruppo è apparso il meno importante sia in numero che in peso (C1: 13,11% in numero e 2,74% in peso; C2: 13,26% in numero e 4,30% in peso).

Crostacei – Questo subphylum è stato rappresentato da 7 specie, di cui 6 censite presso la piattaforma, 4 in C1 e 3 in C2 (Tabb. 3-XXXVIII - 3-XL). In tutti e tre i siti tale gruppo è risultato il secondo per importanza dopo i pesci, sia in numero che in peso, rispettivamente con il 4,83% e 26,90% presso Annamaria B, 18,26% e 28,95% in C1, 13,89% e 28,96% in C2. Da notare la dominanza di *Maja squinado* in tutti e tre i siti e le catture esclusive di *P. elephas* (fig. 3.80), *Nephrops norvegicus* e *Squilla mantis* presso la piattaforma (Tab. 3-XXXVIII). Inoltre è importante sottolineare la presenza continua presso Annamaria B della specie *H. gammarus* (fig. 3.81).



Fig. 3.80 – Esemplare di *P. elephas* catturato presso Annamaria B.

Molluschi – Per questo Phylum sono state censite 5 specie, tutte presenti presso la piattaforma, 2 presso C2 e 1 in C1 (Tabb. 3-XXXVIII - 3-XL). I molluschi hanno costituito la porzione meno rilevante delle catture sia in piattaforma che presso i siti di controllo. Da segnalare la presenza esclusiva presso il sito di estrazione di *P. jacobaeus*, *I. coindetii* e *L. vulgaris*.



Fig. 3.81 - Esempio di *H. gammarus* catturato presso Annamaria B; femmina ovigera.

3.9.1.3 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. 3.82) ha evidenziato presso la piattaforma la dominanza numerica di pesci necto-bentonici e pelagici PA (rispettivamente $270,78 \pm 53,75$ e $187,52 \pm 48,99$ ind/500m/12h), seguiti dai pesci bentonici e pelagici NA ($62,41 \pm 19,69$ e $40,37 \pm 27,89$ ind/500m/12h); in termini ponderali i gruppi più rappresentativi sono stati i pesci pelagici PA, bentonici NA e necto-bentonici PA e i crostacei NA, tutti confrontabili considerando gli errori standard. Da osservare in questo sito, ad eccezione dei molluschi pelagici, la presenza in ogni gruppo della componente AT, rappresentata per i crostacei da *H. gammarus* e *P. elephas*, per i molluschi da *Octopus vulgaris*, per i pesci bentonici da *C. conger*, *M. surmuletus*, *S. notata*, *S. porcus* e *S. scrofa*, per i necto-bentonici da *D. sargus sargus*, *D. vulgaris*, *Sparus aurata*, *S. cantharus*, *D. dentex* e *D. labrax* e, infine, per i pelagici da *S. sphyraena* (Tab. 3-XXXVIII).

Il sito di controllo C1 è risultato caratterizzato da una prevalenza in numero di pesci bentonici NA e necto-bentonici PA ($18,92 \pm 3,81$ e $10,85 \pm 6,12$ ind/500m/12h rispettivamente) e di crostacei NA ($8,75 \pm 2,00$ ind/500m/12h; fig. 3.82).

In termini ponderali C1 ha presentato una preponderanza di bentonici, necto-bentonici e crostacei NA, questi ultimi principalmente rappresentati da *M. squinado*. In questo sito la componente AT è risultata piuttosto esigua e costituita dal crostaceo *H. gammarus*, dai pesci bentonici *S. notata* e *S. scrofa* e dai necto-bentonici *D. vulgaris* e *S. aurata*.

Per quanto riguarda infine il sito di controllo C2, si è osservata la dominanza numerica di pesci necto-bentonici PA ($27,42 \pm 13,03$ ind/500m/12h) e bentonici NA ($20,26 \pm 3,35$ ind/500m/12h), seguiti dai crostacei NA ($9,68 \pm 3,54$ ind/500m/12h) e dai pelagici NA

($6,69 \pm 0,75$ ind/500m/12h). In termini ponderali i pesci bentonici NA e i crostacei NA sono risultati i più rappresentati, rispettivamente con $11,13 \pm 2,51$ e $6,45 \pm 0,51$ kg/500m/12h. Anche in questo sito sono state rilevate specie AT (*H. gammarus*, *M. surmuletus*, *S. notata* e *O. vulgaris*), comparse accidentalmente nelle catture (Tab. 3-XL).

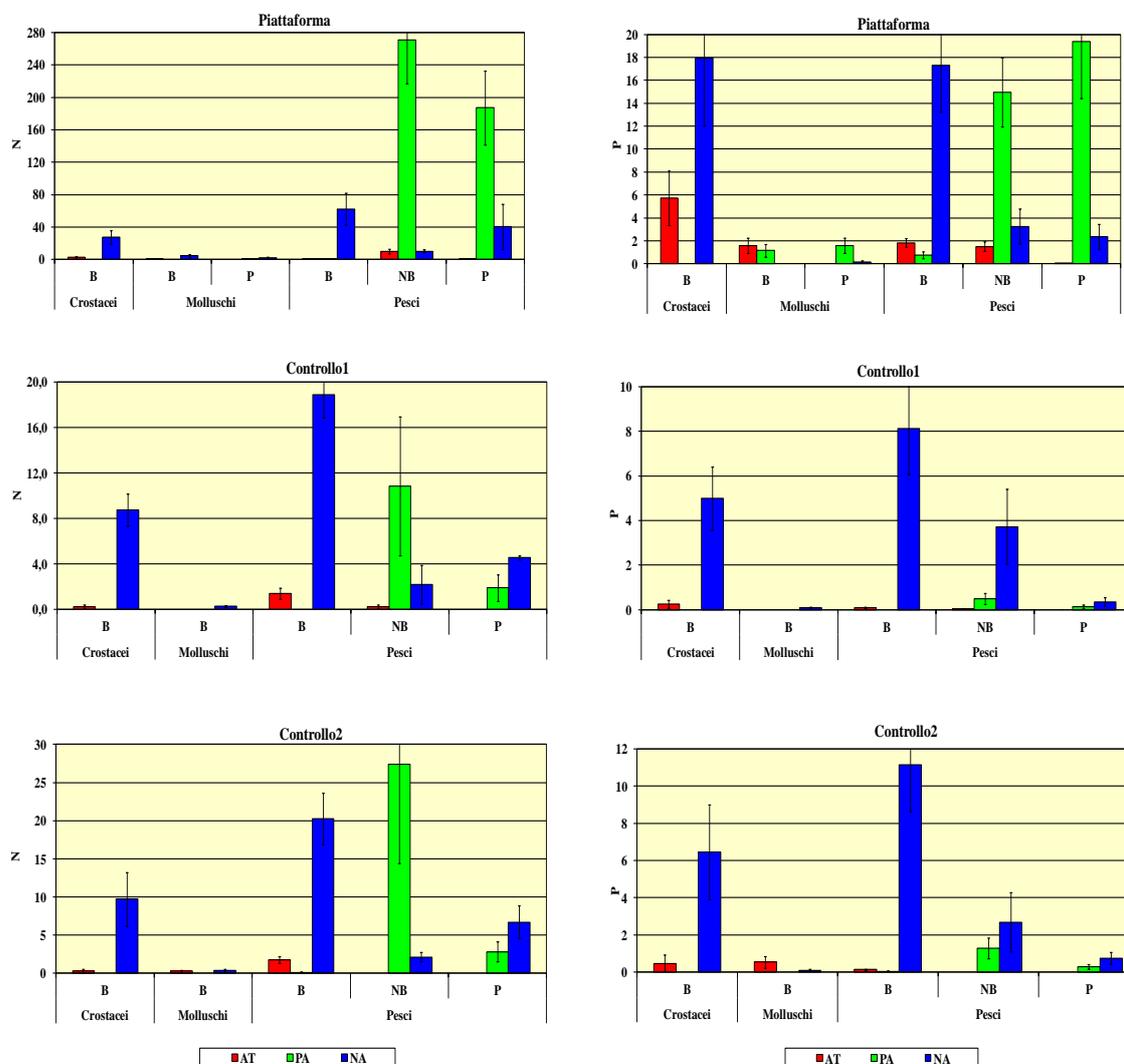


Fig. 3.82 - Numero e peso medi (\pm e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) ottenuti nelle catture effettuate nell'intero periodo di campionamento presso la piattaforma e nelle zone di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

L'elaborazione statistica (Tab. 3-XLIII) ha evidenziato differenze altamente significative tra la piattaforma e i controlli per i crostacei AT, con catture maggiori presso Annamaria B sia in numero che in peso per il rinvenimento di *H. gammarus* e *P. elephas*.

Anche per i molluschi bentonici e pelagici NA sono avvenute catture significativamente maggiori in piattaforma rispetto ai controlli, con differenze significative anche tra gli anni.

Tab. 3-XLIII – Risultati dei test statistici ottenuti per la densità e la biomassa dei principali gruppi di specie presso la piattaforma Annamaria B e nei siti di controllo. g.l. = gradi di libertà; **; >> = altamente significativo; * = significativo; K-W test = Kruskal-Wallis test. (P = Piattaforma; C1= Controllo 1; C2= Controllo2).

NUMERO

		Pesci																
		Bentonici						Necto-bentonici						Pelagici				
		AT		NA		PA		AT		NA		PA		AT	NA		PA	
Effetti	g.l.	p	Tukey test	p	Tukey test	p	Tukey test	p	Tukey test	p	Tukey test	p	Tukey test	p	p	Tukey test	p	Tukey test
Sito	2; 67	<0,001**	P>>C1; C2	<0,001**	P>>C1; C2	<0,001**	P>>C1; C2	<0,001**	P>>C1; C2	<0,001**	P>>C1; C2	<0,001**	P>>C1; C2	0,183	0,084		<0,001**	P>>C1; C2
Anno	1; 67	0,935		0,547		0,835		0,004**	2011>2012	0,866		0,842		0,363	0,014*	2011>2012	<0,001**	2011>2012
Sito x Anno	2; 67	0,118		0,295		0,862		0,003**		0,993		0,962		0,774	0,040*		0,280	

		Crostacei				Molluschi					
		AT		NA	Bentonici			Pelagici			
		AT		NA	AT	NA		NA		PA	
Effetti	g.l.	p	Tukey test	p	p	p	Tukey test	p	Tukey test	p	
Sito	2; 67	<0,001**	P>>C1; C2	0,153	0,067	0,005**	P>>C1; C2	<0,001**	P>>C1; C2	0,143	
Anno	1; 67	0,140		0,708	0,350	0,011*	2012>2011	0,002**	2011<2012	0,162	
Sito x Anno	2; 67	0,893		0,377	0,775	0,507		<0,001**		0,143	

PESO

		Pesci																
		Bentonici						Necto-bentonici						Pelagici				
		NA		PA		AT		NA		PA		AT		NA		PA		AT
Test	g.l.	Anova 2 vie	Tukey test	Anova 2 vie	Tukey test	Kruskal-Wallis	Comp. Test	Anova 2 vie	Kruskal-Wallis	Comp. Test	Anova 2 vie	Tukey test	Kruskal-Wallis	Comp. Test	Kruskal-Wallis	Comp. Test	Anova 2 vie	
Effetti	g.l.	P		P		P		P	P		P		P		P		P	
Sito	2; 67	0,020*	P>>C1	0,001**	P>>C1; C2	<0,001**	P>>C1; C2	0,320	<0,001**	P>>C1; C2	0,001**	P>>C1; C2	0,355		<0,001**	P>>C1; C2	0,173	
Anno	1; 67	0,538		0,535		0,965		0,341	0,980		0,011**	2011>2012	0,001**	2011>2012	0,860		0,296	
Sito x Anno	2; 67	0,849		0,309				0,958			0,005**						0,560	

		Crostacei				Molluschi					
		AT		NA	Bentonici			Pelagici			
		AT		NA	AT	NA		NA		PA	
Test	g.l.	Anova 2 vie	Tukey test	Anova 2 vie	Tukey test	Anova 2 vie	Anova 2 vie	Tukey test	Anova 2 vie	Tukey test	Anova 2 vie
Effetti	g.l.	P		P		P	P		P		P
Sito	2; 67	<0,001**	P>>C1; C2	0,044*	P>C1, C2	0,066	0,003**	P>>C1; C2	<0,001**	P>>C1; C2	0,144
Anno	1; 67	0,164		0,468		0,273	0,022**	2012>2011	<0,001**	2011<2012	0,163
Sito x Anno	2; 67	0,911		0,355		0,72	0,292		<0,001**		0,144

Per quanto concerne i pesci, per i bentonici AT, NA e PA sono state ottenute catture significativamente maggiori in piattaforma sia in numero che in peso. Situazione analoga anche per i necto-bentonici AT, per i quali è risultata significativa anche la differenza tra gli anni (2011>2012) e per i necto-bentonici PA essenzialmente alle catture delle specie *T. minutus capelanus* e *P. bogaraveo*. Per i necto-bentonici NA sono risultate statisticamente superiori le catture presso Annamaria B solo in termini numerici.

I risultati riguardanti i pesci pelagici NA hanno sottolineato una differenza significativa tra il 2011 e il 2012 sia in numero che in peso essenzialmente per le maggiori catture di *E. encrasicolus* nel corso del 1° anno, senza differenze tra i siti, mentre per i pesci pelagici PA sono risultate statisticamente superiori le catture ottenute in piattaforma sia in termini numerici che ponderali per i maggiori quantitativi di *B. boops* e *T. mediterraneus* in quel sito.

3.9.1.5 PERMANOVA e Principal Coordinate analysis (PCO)

L'analisi multivariata rappresentata in Tab. 3-XLIV ha evidenziato differenze altamente significative tra i popolamenti presenti in piattaforma rispetto ai due siti di controllo, come indicato dal *pairwise test*. La rappresentazione bidimensionale (fig. 3.83), con oltre il 45% della varianza spiegata, è risultata attendibile e ha mostrato la generale contrapposizione del sito della piattaforma con i controlli.

Dall'analisi del grafico si evince a determinare la differenziazione dei siti siano principalmente specie parzialmente attratte dai substrati duri (es.: *P. bogaraveo*, *P. erythrinus*, *B. boops*, *T. minutus*) e specie NA come *M. squinado* e *C. lucerna* per quanto riguarda la piattaforma e da organismi NA tipici di fondi mobili (*Solea solea*, *S. acanthias* e *M. merluccius*) per quanto concerne i siti di controllo (fig. 3.83).

Tab. 3-XLIV – PERMANOVA sui dati dei popolamenti dei tre siti, basata sulle dissimilarità di Bray-curtis, su dati di abbondanza, **, >> = altamente significativo; * = significativo; g,l, = gradi di libertà, (P = Piattaforma Annamaria B; C1= Controllo 1; C2= Controllo2).

Fattore	g,l,	MS	pseudoF	p	Pairwise test
Sito	2	20175	11,08	0,001**	P>> C2; C1
Anno	1	4197	2.47	0,001**	
Sito x Anno	2	904	0.533	0,962	

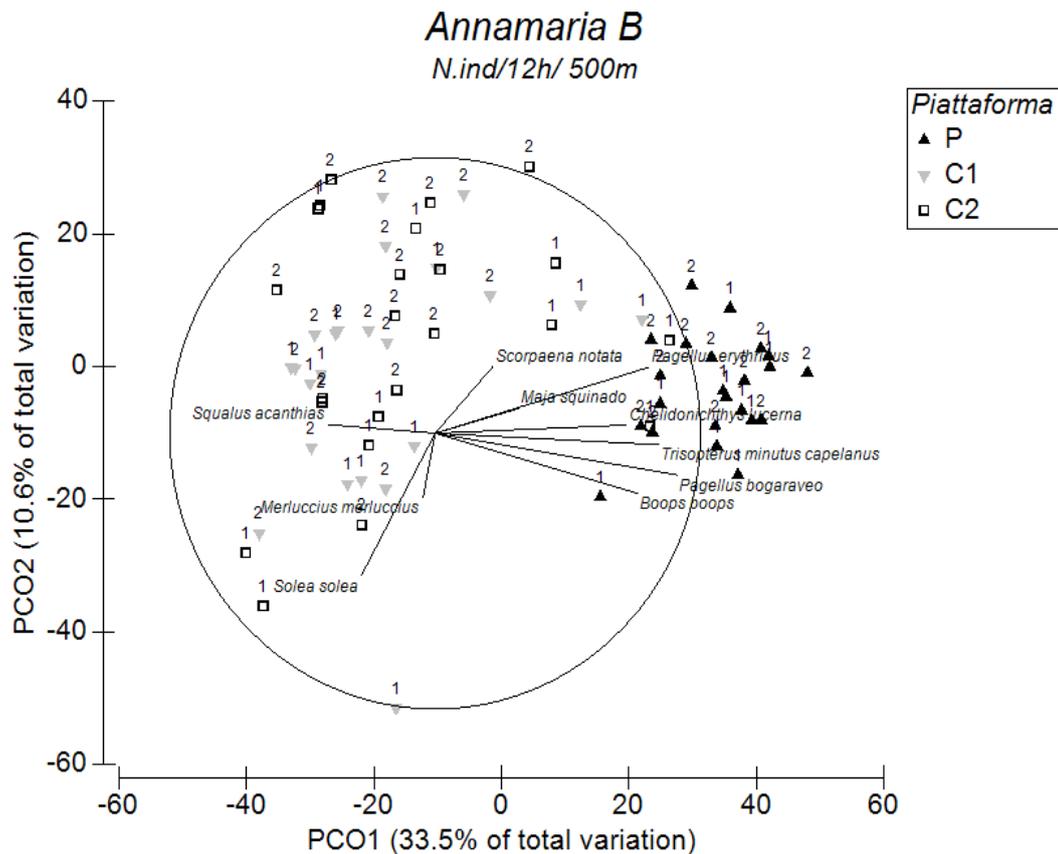


Fig. 3.83 – Rappresentazione bidimensionale dei tre siti campionati nel periodo gennaio 2011-dicembre 2012 tramite la Principal Coordinate analysis (PCO). (P = Piattaforma; C1= Controllo 1; C2= Controllo2).

3.9.2. INVESTIGAZIONI ACUSTICHE TRAMITE MULTIBEAM ECHOSOUNDER

Per il 2° semestre 2012 si hanno dati a disposizione a partire da agosto, poiché il rilievo di luglio è stato interrotto a causa di condizioni meteo-marine divenute sfavorevoli per il proseguo delle registrazioni.

Nelle indagini effettuate ad agosto sono stati individuati 24 banchi di pesce, di cui 11 a distanze inferiori a 300 m (34,6 - 183,8 m) da Annamaria B e, pertanto, nel raggio di influenza della struttura (Tab. 3-XLV). I banchi sono risultati concentrati per lo più nel versante NW di Annamaria B e nella zona ad Est (fig. 3.83).

La fig. 3.84 mette in evidenza che, ad eccezione dei banchi n. 13 e 17 (895,5 e 989,5 m; Tab. 3-XLVI), che avevano maggior superficie (1992,28 e 3791,67 m²) e maggior volume (314,35 e 337,56 m³), la maggior parte dei banchi vicini alla struttura ha presentato dimensioni maggiori rispetto alle aggregazioni distanti oltre 300 m dalla stessa. Anche le lunghezze NS ed EW dei banchi prossimi alla piattaforma sono risultate più grandi rispetto quelle lontane; i banchi con dimensioni massime nelle due direzioni sono risultati il 18

(36,78 m NS, 26,08 m EW) e il 12 (26,58 m NS, 23,65 m EW), rispettivamente a 48,3 e 34,6 m da Annamaria B.

Non sono emerse differenze nelle profondità del centro geometrico di massa registrate per i due gruppi di aggregazioni. La gran parte dei banchi è stata rilevata a profondità comprese tra 50,75 m (n. 21) e 60,94 m (n. 10), ad eccezione dei n. 4, 6 e 19 rilevati negli strati d'acqua più superficiali (43,65 m, 23,90 m e 13,75 m).

Le variabili acustiche relative a ciascun banco sono riportate in Tab. 3-XLVII.

Tab. 3-XLV – Distanza (m) dalla piattaforma Annamaria B dei banchi di pesce individuati durante il campionamento effettuato nell'agosto 2012.

Banco	Distanza da Annamaria B (m)
Banco_1	1124,0
Banco_2	1130,0
Banco_3	1201,0
Banco_4	1132,0
Banco_5	999,8
Banco_6	383,3
Banco_7	77,2
Banco_8	119,6
Banco_9	902,4
Banco_10	921,7
Banco_11	1221,0
Banco_12	34,6
Banco_13	895,5
Banco_14	359,0
Banco_15	183,8
Banco_16	484,0
Banco_17	989,5
Banco_18	48,3
Banco_19	40,8
Banco_20	164,1
Banco_21	38,9
Banco_22	50,0
Banco_23	53,8
Banco_24	105,2

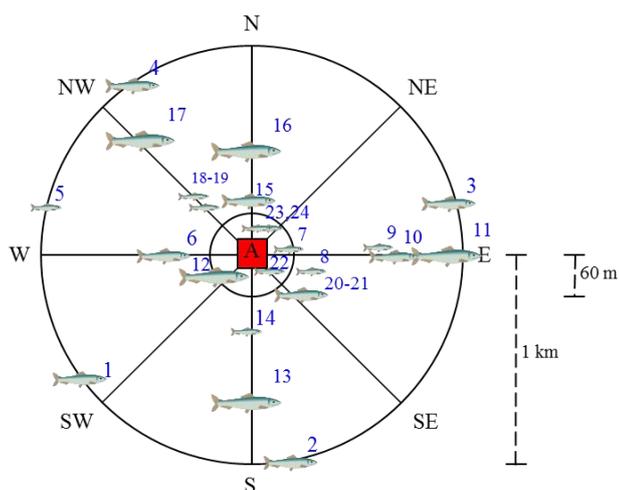


Fig. 3.83 - Schema planare della posizione delle 24 aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento di agosto 2012. Figura non in scala.

Tab. 3-XLVI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di agosto 2012.

Banco	Superficie (m ²)	Lunghezza NS (m)	Lunghezza EW (m)	Profondità minima (m)	Profondità massima (m)	Altezza (m)	Volume (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
Banco_1	220,295	7,109	7,638	57,299	59,645	2,346	24,815	44°19,018' N	13°23,734' E	58,509	8,877	0	0
Banco_2	425,256	9,255	9,223	48,771	55,161	6,390	38,666	44°18,749' N	13°24,542' E	53,883	10,233	0	0
Banco_3	219,142	10,02	10,266	59,731	61,083	1,352	23,261	44°19,476' N	13°25,329' E	60,506	8,337	0	0
Banco_4	580,771	10,274	11,180	39,286	49,311	10,025	41,826	44°19,885' N	13°24,0180' E	43,651	13,825	0	0
Banco_5	98,560	5,639	4,839	55,398	57,513	2,115	7,643	44°19,342' N	13°23,686' E	56,422	12,526	0	0
Banco_6	44,440	7,390	10,937	16,663	25,759	9,096	2,851	44°19,329' N	13°24,153' E	23,903	15,784	0	0
Banco_7	538,518	21,897	7,606	56,793	60,607	3,814	43,228	44°19,349' N	13°24,497' E	58,637	12,027	0	0
Banco_8	107,096	7,953	7,590	55,843	58,145	2,302	9,452	44°19,348' N	13°24,529' E	57,023	11,331	0	0
Banco_9	187,748	8,851	9,034	58,068	60,449	2,381	16,602	44°19,369' N	13°25,119' E	59,279	11,309	0	0
Banco_10	28,032	6,354	2,459	60,608	61,247	0,639	1,884	44°19,363' N	13°25,134' E	60,937	14,876	0	0
Banco_11	321,328	8,568	9,221	51,579	55,302	3,724	33,947	44°19,347' N	13°25,360' E	53,805	9,466	0	0
Banco_12	1261,083	26,578	23,655	57,584	60,730	3,146	113,781	44°19,372' N	13°24,448' E	59,370	11,083	0	0
Banco_13	1992,278	16,233	12,656	48,250	56,506	8,256	314,349	44°18,871' N	13°24,438' E	51,900	6,338	1	0,225
Banco_14	2244,771	12,896	20,822	54,864	58,339	3,475	251,271	44°19,161' N	13°24,459' E	56,591	8,868	0	0
Banco_15	26,830	3,348	4,924	58,911	59,979	1,068	2,227	44°19,453' N	13°24,420' E	59,449	12,048	0	0
Banco_16	901,756	13,608	9,267	54,032	59,858	5,826	72,516	44°19,615' N	13°24,421' E	56,021	12,379	0	0
Banco_17	3791,674	24,223	17,623	52,647	59,046	6,399	337,56	44°19,714' N	13°23,888' E	56,011	11,725	0	0
Banco_18	3139,113	36,784	26,080	51,476	60,610	9,134	256,743	44°19,374' N	13°24,464' E	58,196	11,909	0	0
Banco_19	120,135	5,998	4,838	12,112	15,202	3,090	7,500	44°19,358' N	13°24,470' E	13,747	16,827	0	0
Banco_20	187,872	6,148	7,222	57,283	59,508	2,224	16,164	44°19,301' N	13°24,538' E	58,303	10,791	0	0
Banco_21	1809,136	5,784	8,969	49,869	60,262	10,393	219,002	44°19,359' N	13°24,468' E	50,749	6,028	0	0
Banco_22	1754,769	13,039	22,311	49,874	59,342	9,468	149,092	44°19,378' N	13°24,457' E	54,638	10,823	0	0
Banco_23	301,091	8,688	13,006	52,443	55,159	2,716	68,374	44°19,381' N	13°24,455' E	53,891	4,404	0	0
Banco_24	999,657	15,690	10,728	51,367	58,560	7,193	68,355	44°19,409' N	13°24,457' E	57,926	15,626	0	0

Tab. 3-XLVII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento di agosto 2012.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
Banco_1	-48,936	677	9	142	-53,654	-38,522	0,128
Banco_2	-49,439	1035	17	279	-53,773	-40,169	0,114
Banco_3	-47,482	342	6	132	-53,724	-40,724	0,179
Banco_4	-51,326	646	21	324	-53,677	-46,594	0,074
Banco_5	-50,514	205	0	9	66	-53,987	-44,916
Banco_6	-49,662	44	6	37	-53,658	-45,14	0,108
Banco_7	-50,37	487	12	211	-53,68	-45,113	0,092
Banco_8	-48,924	292	13	133	-53,998	-42,033	0,128
Banco_9	-49,302	460	15	203	-53,758	-42,724	0,117
Banco_10	-51,946	56	4	38	-53,736	-49,736	0,064
Banco_11	-48,84	1072	17	245	-53,963	-38,94	0,131
Banco_12	-49,79	2791	31	1069	-53,7	-40,63	0,105
Banco_13	-47,589	9442	31	671	-53,998	-37,461	0,174
Banco_14	-48,541	4805	23	832	-53,998	-36,344	0,14
Banco_15	-48,04	71	6	40	-53,647	-43,658	0,157
Banco_16	-50,003	1697	26	389	-53,998	-40,951	0,1
Banco_17	-50,596	4672	33	871	-53,998	-42,579	0,087
Banco_18	-49,765	3005	50	1174	-53,998	-40,034	0,106
Banco_19	-48,199	296	11	165	-53,981	-36,257	0,151
Banco_20	-50,272	155	9	-53,712	-43,165	0,094	-50,272
Banco_21	-47,508	80	1	21	-53,941	-42,914	0,178
Banco_22	-48,671	5039	25	1465	-53,998	-37,887	0,136
Banco_23	-44,663	266	1	36	-53,974	-36,387	0,342
Banco_24	-49,613	528	12	215	-53,996	-42,512	0,109

*Sv = Volume backscattering strength

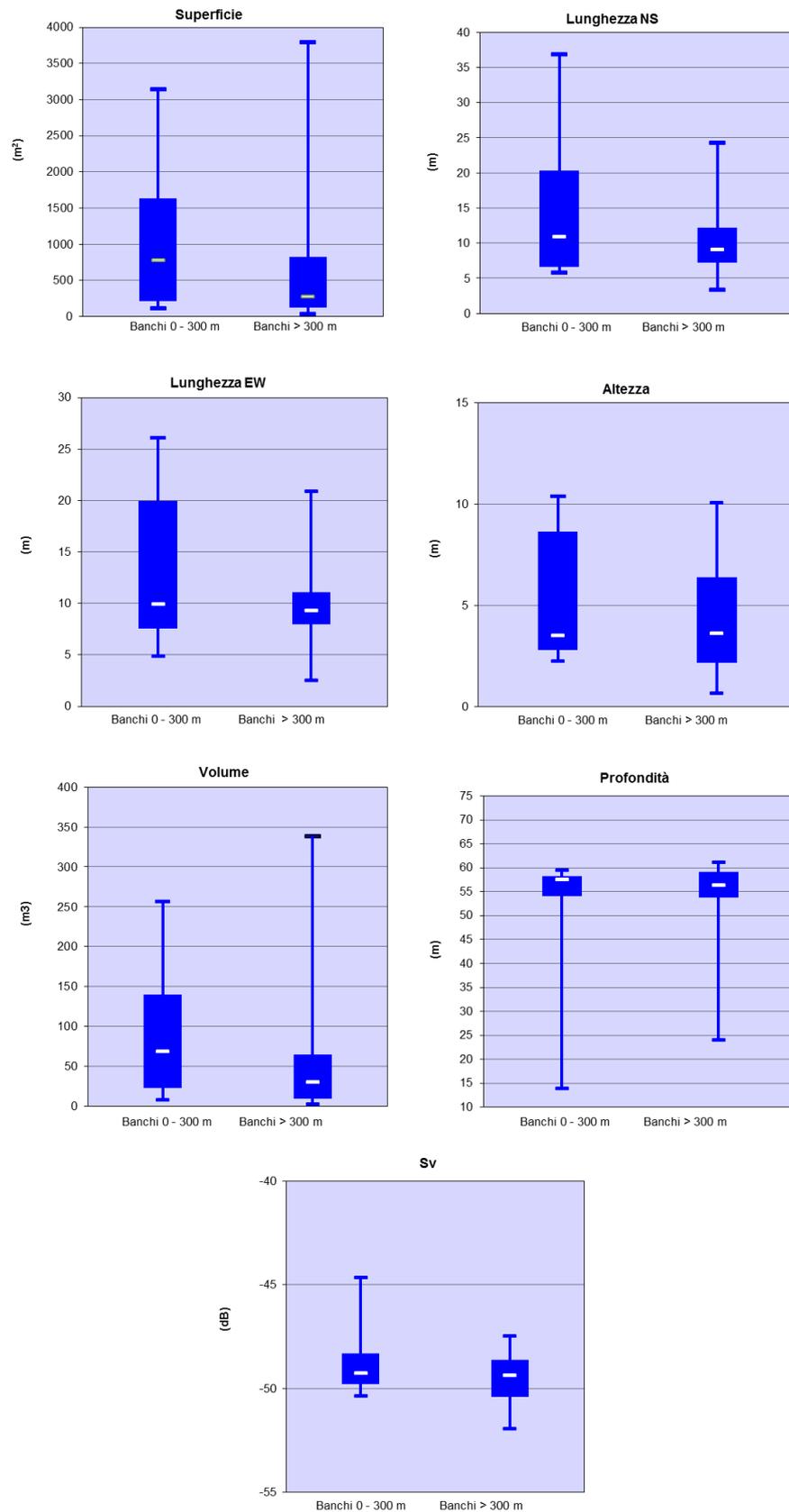


Fig. 3.84 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate vicino (0 – 300 m) e lontano (>300 m) dalla struttura nell’agosto 2012. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana, EW = Est-Ovest; NS = Nord-Sud; S_v = Volume backscatter strength.

Durante le indagini effettuate nel settembre 2012 sono stati individuati 27 banchi dislocati uniformemente intorno alla struttura (fig. 3.85).

La loro distribuzione spaziale ha mostrato un range di distanze rispetto alla piattaforma compreso tra 95,0 m (n. 27) e 1268,3 m (n. 1; Tab. 3-XLVIII). In particolare, 3 banchi sono risultati compresi nell'intervallo di distanza 95 m (n. 27) - 183,3 m (n. 15). La maggior parte delle aggregazioni sono state rilevate nel versante S e in quello NW della piattaforma (fig. 3.85).

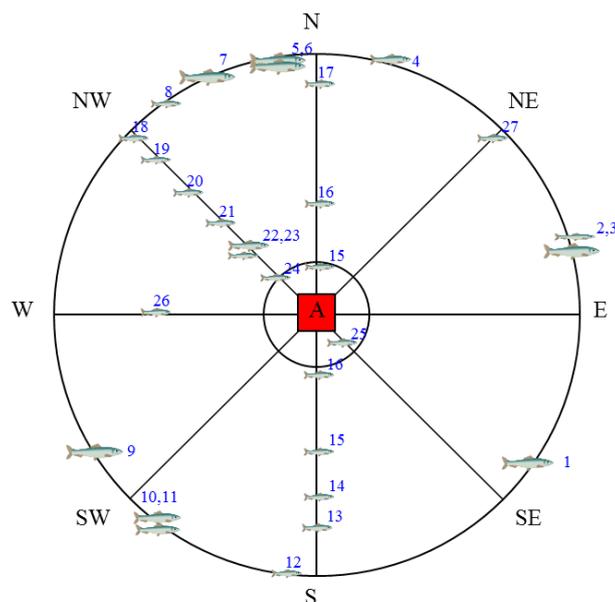


Fig. 3.85 - Schema planare della posizione delle 13 aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento di settembre 2012. Figura non in scala.

Prendendo in considerazione le caratteristiche metriche (superficie, volume e lunghezze), riportate in Tab. 3-XLIX, il banco con superficie maggiore è risultato il n. 5 (911,37 m²) mentre per volume e lunghezza si è distinto il n. 7 (75,25 m³ e 18,93 m NS rispettivamente).

Il banco con superficie e volume minori è risultato il n. 21, con valori pari rispettivamente a 10,18 m² e 0,59 m³. In generale, tutte le mediane delle caratteristiche metriche dei banchi lontani dalla piattaforma hanno mostrato valori maggiori rispetto a quelli più prossimi (fig. 3.86).

Una differenza rilevante è stata riscontrata tra la profondità delle aggregazioni rinvenute in prossimità dell'impianto, individuate tra i 38,39 m (banco n. 25) e i 40,76 m (banco n. 27) e i banchi lontani, rilevati a profondità molto eterogenee: dai m 20,54 del banco n. 18 ai 58,87 m del banco 8. Le mediane delle profondità dei centri geometrici sono risultate pari a

39,61 m per i banchi rimarcati nella zona 0 - 300 m dalla piattaforma e 42,10 m per le aggregazioni individuate nella zona periferica.

In Tab. 3-L sono riportate le variabili acustiche di ciascun banco individuato nel survey.

Tab. 3-XLVIII – Distanza (m) dalla piattaforma Annamaria B dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel settembre 2012.

Banco	Distanza da Annamaria B (m)
Banco_1	1268,3
Banco_2	1185,9
Banco_3	1184
Banco_4	1059,5
Banco_5	1067,6
Banco_6	1085,1
Banco_7	1092,9
Banco_8	1104,5
Banco_9	1124,2
Banco_10	1033,6
Banco_11	1045,2
Banco_12	1120,6
Banco_13	1011,5
Banco_14	336,1
Banco_15	183,3
Banco_16	350,5
Banco_17	779,7
Banco_18	1126,6
Banco_19	1092,8
Banco_20	946,5
Banco_21	859,5
Banco_22	486,3
Banco_23	423,8
Banco_24	402,5
Banco_25	178,6
Banco_26	760,1
Banco_27	95,0

Tab. 3-XLIX - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati durante il campionamento effettuato nel settembre 2012.

Banco	Superficie (m ²)	Lunghezza NS (m)	Lunghezza EW (m)	Profondità minima (m)	Profondità massima (m)	Altezza (m)	Volume (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
Banco_1	780,728	12,302	17,940	51,644	55,257	3,612	62,340	44° 19,748' N	13° 23,658' E	53,621	12,524	0	0,000
Banco_2	225,811	7,126	11,976	55,216	57,302	2,086	20,208	44° 19,201' N	13° 23,572' E	56,305	11,174	0	0,000
Banco_3	37,796	4,378	6,894	55,500	57,062	1,563	3,552	44° 19,200' N	13° 34,412' E	56,361	10,641	0	0,000
Banco_4	195,303	7,119	12,981	54,463	57,422	2,959	15,433	44° 18,840' N	13° 24,093' E	56,427	12,212	0	0,000
Banco_5	911,376	14,977	10,126	43,290	52,476	9,186	73,167	44° 18,814' N	13° 24,718' E	47,137	14,014	0	0,000
Banco_6	255,472	11,361	6,661	50,196	53,500	3,304	20,395	44° 18,813' N	13° 24,751' E	54,087	12,832	0	0,000
Banco_7	750,066	18,934	13,178	52,128	55,568	3,440	75,250	44° 18,721' N	13° 24,789' E	54,229	12,750	0	0,000
Banco_8	23,282	5,758	3,364	58,321	59,355	1,033	2,495	44° 18,831' N	13° 24,837' E	58,871	9,331	0	0,000
Banco_9	469,396	13,536	24,168	52,460	55,432	2,971	49,772	44° 19,681' N	13° 25,154' E	54,474	9,431	0	0,000
Banco_10	252,611	7,239	7,452	37,954	45,653	7,699	17,935	44° 20,842' N	13° 24,817' E	41,159	14,135	0	0,000
Banco_11	137,463	7,540	7,263	38,311	44,454	6,143	11,685	44° 19,848' N	13° 24,820' E	41,702	11,764	0	0,000
Banco_12	14,006	3,678	2,518	57,311	58,047	0,736	1,349	44° 19,955' N	13° 24,530' E	57,724	10,381	0	0,000
Banco_13	20,693	2,366	2,231	37,006	39,490	2,484	1,424	44° 19,900' N	13° 24,449' E	38,109	14,529	0	0,000
Banco_14	21,866	2,399	3,232	41,593	43,666	2,073	2,070	44° 19,536' N	13° 24,444' E	42,505	10,563	0	0,000
Banco_15	65,434	3,442	3,250	36,732	42,406	5,674	4,833	44° 19,450' N	13° 24,405' E	39,614	13,942	0	0,000
Banco_16	37,821	4,218	3,989	28,654	30,814	2,159	3,917	44° 19,166' N	13° 24,466' E	30,015	9,654	0	0,000
Banco_17	68,243	2,762	4,764	43,052	45,978	2,926	4,291	44° 18,936' N	13° 24,495' E	44,637	12,856	0	0,000
Banco_18	36,725	2,971	3,995	19,414	21,734	2,320	3,306	44° 18,930' N	13° 25,047' E	20,541	11,108	0	0,000
Banco_19	71,272	4,504	4,194	28,196	31,157	2,960	5,766	44° 18,935' N	13° 25,018' E	29,703	12,360	0	0,000
Banco_20	29,477	2,680	3,902	39,945	42,584	2,639	2,094	44° 19,016' N	13° 24,974' E	41,348	14,076	0	0,000
Banco_21	10,181	2,042	2,893	23,392	24,675	1,283	0,586	44° 19,041' N	13° 24,917' E	24,079	17,379	0	0,000
Banco_22	13,367	2,265	2,491	22,930	24,216	1,286	0,783	44° 19,173' N	13° 24,705' E	23,583	17,064	0	0,000
Banco_23	269,593	7,137	17,924	22,511	25,107	2,596	21,154	44° 19,193' N	13° 24,666' E	23,853	12,744	0	0,000
Banco_24	34,122	2,898	4,189	30,573	32,395	1,821	2,555	44° 19,199' N	13° 24,652' E	31,551	13,356	0	0,000
Banco_25	16,960	2,628	3,508	37,685	39,115	1,430	1,212	44° 19,428' N	13° 24,352' E	38,391	13,998	0	0,000
Banco_26	42,949	5,539	4,777	21,124	23,403	2,279	3,206	44° 19,375' N	13° 25,012' E	22,419	13,397	0	0,000
Banco_27	10,391	2,362	2,634	40,264	41,378	1,115	0,719	44° 19,328' N	13° 24,379' E	40,759	14,458	0	0,000

Tab. 3-L - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel settembre 2012.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
Banco_1	-52,783	1819	21	539	-55,774	-43,697	0,053
Banco_2	-50,003	599	9	179	-53,961	-42,855	0,100
Banco_3	-50,716	107	3	32	-53,937	-46,367	0,085
Banco_4	-52,611	325	22	179	-55,936	-46,424	0,055
Banco_5	-52,248	958	19	387	-53,924	-45,248	0,060
Banco_6	-50,400	206	8	113	-53,799	-44,774	0,091
Banco_7	-49,188	2044	20	606	-53,862	-38,837	0,121
Banco_8	-49,388	69	4	32	-53,587	-44,087	0,115
Banco_9	-49,765	1464	28	647	-55,899	-38,799	0,106
Banco_10	-52,624	384	11	151	-55,997	-44,948	0,055
Banco_11	-51,980	415	9	134	-55,998	-44,360	0,063
Banco_12	-53,132	39	3	19	-55,995	-49,472	0,049
Banco_13	-53,547	39	4	22	-55,569	-49,557	0,044
Banco_14	-52,037	47	3	21	-55,592	-46,065	0,063
Banco_15	-52,684	60	6	38	-55,630	-46,144	0,054
Banco_16	-50,064	205	7	76	-55,980	-43,147	0,099
Banco_17	-52,670	156	6	52	-55,936	-47,324	0,054
Banco_18	-48,799	223	4	61	-55,978	-35,772	0,132
Banco_19	-52,441	224	7	66	-55,996	-47,071	0,057
Banco_20	-53,631	67	5	31	-55,995	-51,007	0,043
Banco_21	-50,783	35	5	26	-53,759	-46,737	0,084
Banco_22	-50,809	59	3	34	-55,570	-43,599	0,083
Banco_23	-49,241	1577	20	601	-55,994	-38,548	0,119
Banco_24	-50,431	147	6	65	-55,982	-43,004	0,091
Banco_25	-53,345	47	7	28	-55,982	-49,508	0,046
Banco_26	-51,231	216	9	95	-55,967	-43,829	0,075
Banco_27	-49,845	23	2	14	-55,995	-45,429	0,104

*Sv = Volume backscattering strength

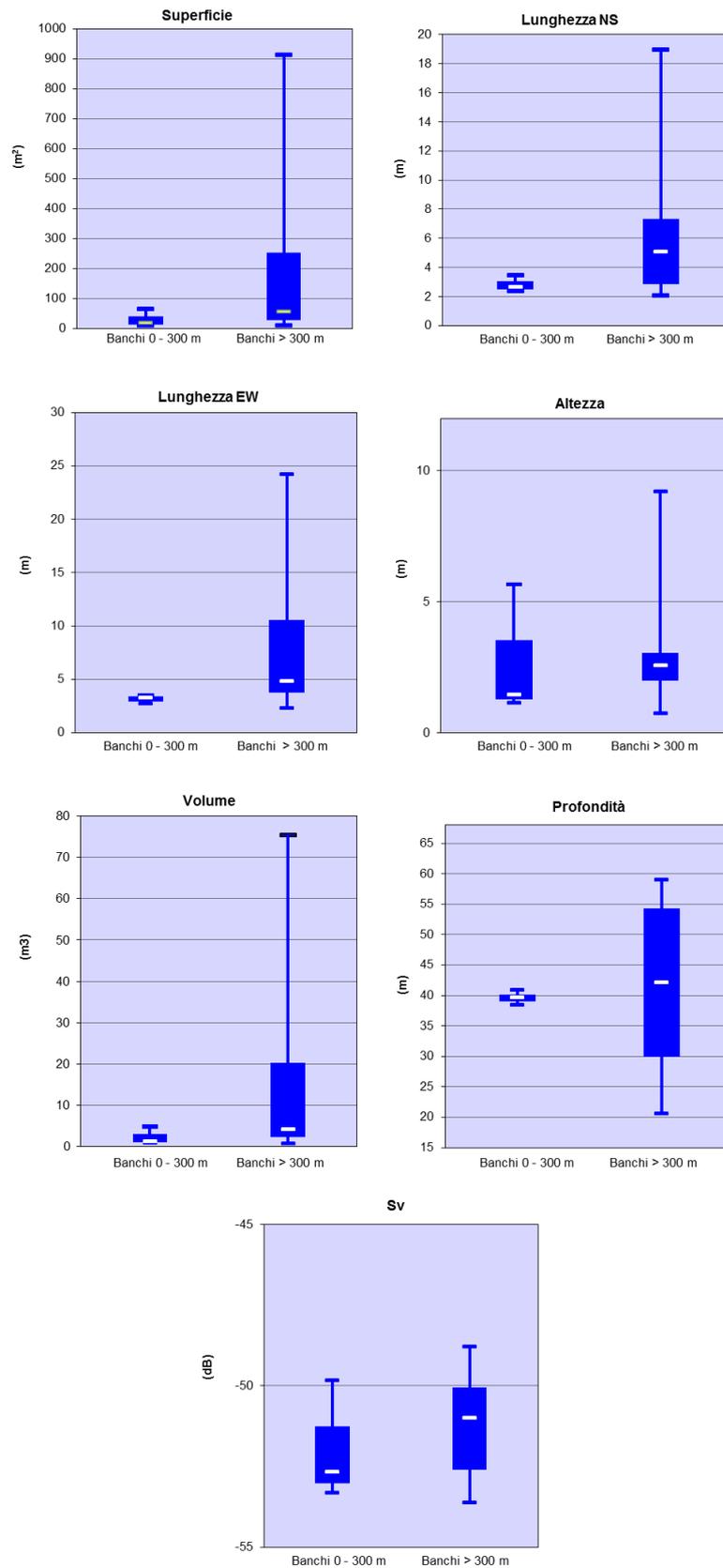


Fig. 3.86 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate vicino (0 – 300 m) e lontano (>300 m) dalla struttura nel settembre 2012. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. EW = est-ovest; NS = nord-sud; S_v = Volume backscatter strength.

Nell'ottobre 2012 la maggior parte dei 28 banchi individuati è stata rilevata nei versanti N, NE, E; non sono stati individuate aggregazioni lungo i transetti Sud e Ovest (fig. 3.87).

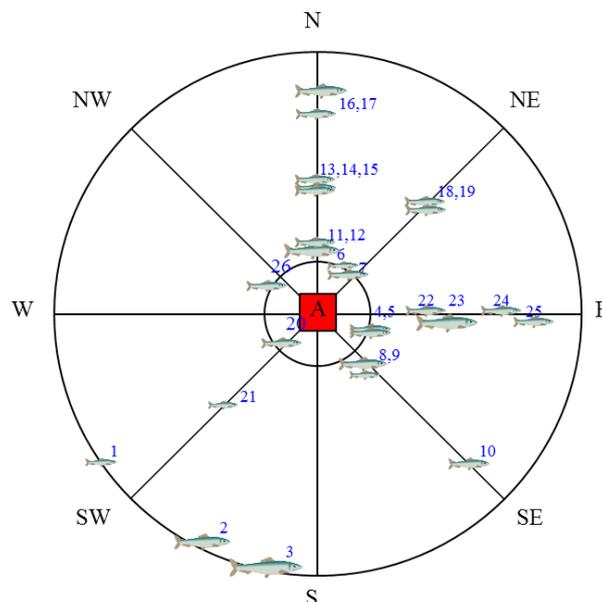


Fig. 3.87 - Schema planare della posizione delle 28 aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'ottobre 2012. Figura non in scala.

La distribuzione spaziale attorno alla piattaforma ha mostrato un intervallo di distanze compreso tra 29,5 m (n. 5) e 1292,0 m (n.1). 19 banchi sono risultati vicini alla struttura in quanto a distanza compresa tra 29,5 m (n.16) e 280 m (n.25; (Tab. 3-LI; fig. 3.87).

I banchi rilevati a distanze superiori di 300 m dalla piattaforma hanno registrato valori maggiori per ciascuna caratteristica metrica; in particolare, il n. 3 è risultato più grande per superficie (1466,45 m²), lunghezza NS (22,95 m), il banco n. 23, secondo per superficie, si è distinto per volume (126,79 m³) e per lunghezza EW (19,17 m). In Tab. 3-LII è possibile apprezzare le caratteristiche metriche dei banchi rielaborate e relazionate tra loro nei plot box riportati in fig. 3.88.

La distribuzione lungo la colonna d'acqua delle aggregazioni ittiche è apparsa piuttosto eterogenea per entrambi i gruppi: sia le aggregazioni vicine che quelle lontane da Annamaria B sono state rilevate tra 50,47 m (banco n. 10) e 59,28 m di profondità, ad eccezione del banco n. 17 rilevato a profondità minore (46,90 m).

Le mediane riconfermano quanto asseverato: per i due gruppi di banchi sono 57,06 m (banchi 0-300 m) e 56,45 m (banchi oltre 300 m).

Nella Tab. 3-LIII sono riportate le variabili acustiche dei banchi individuati nell'ottobre 2012.

Tab. 3-LI - Distanza (m) dalla piattaforma Annamaria B dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nell'ottobre 2012.

Banco	Distanza da Annamaria B (m)
Banco_1	1292,0
Banco_2	1069,9
Banco_3	1072,9
Banco_4	36,0
Banco_5	29,5
Banco_6	52,1
Banco_7	50,4
Banco_8	190,9
Banco_9	199,9
Banco_10	764,4
Banco_11	768,6
Banco_12	47,3
Banco_13	45,7
Banco_14	72,0
Banco_15	48,9
Banco_16	74,1
Banco_17	238,4
Banco_18	461,8
Banco_19	68,6
Banco_20	45,6
Banco_21	102,5
Banco_22	75,2
Banco_23	598,7
Banco_24	175,7
Banco_25	279,9
Banco_26	601,3
Banco_27	988,6
Banco_28	119,5

Tab. 3-LII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di ottobre 2012.

Banco	Superficie (m ²)	Lunghezza NS (m)	Lunghezza EW (m)	Profondità minima (m)	Profondità massima (m)	Altezza (m)	Volume (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
Banco_1	51,075	6,207	5,566	58,036	59,112	1,076	4,732	44°19,7870' N	13°23,6750' E	58,562	10,794	0	0,000
Banco_2	344,794	10,466	9,573	54,549	58,295	3,747	31,148	44°18,8712' N	13°23,9987' E	56,287	11,069	0	0,000
Banco_3	1466,455	22,953	18,828	53,73	59,530	5,800	124,013	44°18,7919' N	13°24,2494' E	56,450	11,447	0	0,000
Banco_4	239,050	9,240	11,790	56,364	58,000	1,636	38,318	44°19,3503' N	13°24,4661' E	57,116	6,239	0	0,000
Banco_5	115,731	6,855	7,352	56,554	58,172	1,618	19,979	44°19,3493' N	13°24,4606' E	57,381	5,793	0	0,000
Banco_6	125,488	16,884	8,217	53,682	59,706	6,024	7,684	44°19,3793' N	13°24,4582' E	57,625	16,468	0	0,000
Banco_7	329,857	11,663	10,427	55,252	57,938	2,687	27,035	44°19,3773' N	13°24,4602' E	56,330	12,201	0	0,000
Banco_8	553,555	14,721	10,427	56,591	60,155	3,564	44,032	44°19,2870' N	13°24,5483' E	58,613	10,283	0	0,000
Banco_9	39,122	6,970	6,883	58,181	59,534	1,354	6,198	44°19,2776' N	13°24,5452' E	58,811	6,312	0	0,000
Banco_10	128,475	9,487	8,766	49,732	51,801	2,069	9,387	44°19,0696' N	13°24,8562' E	50,476	13,426	0	0,000
Banco_11	559,579	12,586	11,971	51,029	55,633	4,604	56,166	44°19,0641' N	13°24,8532' E	53,691	9,963	0	0,000
Banco_12	248,034	11,027	11,942	52,168	55,112	2,944	24,088	44°19,3292' N	13°24,4356' E	53,650	10,157	0	0,000
Banco_13	157,477	9,144	12,177	58,085	60,142	2,057	13,459	44°19,3315' N	13°24,4271' E	59,107	11,086	0	0,000
Banco_14	245,332	7,831	11,608	51,271	54,545	3,274	16,567	44°19,3688' N	13°24,3891' E	52,824	14,808	0	0,000
Banco_15	40,717	3,077	11,699	58,532	59,644	1,112	2,535	44°19,3671' N	13°24,4072' E	59,173	16,061	0	0,000
Banco_16	187,567	5,120	8,710	51,471	60,184	8,713	14,23	44°19,3716' N	13°24,3891' E	52,464	13,168	0	0,000
Banco_17	918,156	9,801	14,573	43,313	52,907	9,593	88,828	44°19,4795' N	13°24,3971' E	46,898	10,336	0	0,000
Banco_18	343,935	8,831	15,995	57,414	60,006	2,592	31,607	44°19,6029' N	13°24,4132' E	58,620	10,885	0	0,000
Banco_19	275,081	12,771	5,339	53,552	57,037	3,485	28,761	44°19,3844' N	13°24,4700' E	55,965	9,160	0	0,000
Banco_20	210,537	6,149	5,647	51,512	59,209	7,697	19,932	44°19,3770' N	13°24,4536' E	53,831	9,627	0	0,000
Banco_21	39,852	3,835	5,325	58,881	59,841	0,960	3,109	44°19,3959' N	13°24,4908' E	59,278	12,819	0	0,000
Banco_22	133,424	11,128	6,609	55,910	58,632	2,722	13,038	44°19,3286' N	13°24,3959' E	57,066	10,234	0	0,000
Banco_23	1256,233	13,66	19,171	50,985	56,054	5,069	126,796	44°19,1329' N	13°24,1112' E	53,832	9,908	0	0,000
Banco_24	48,195	4,535	2,418	56,286	57,797	1,511	3,986	44°19,358' N	13°24,572' E	56,890	10,577	0	0,000
Banco_25	77,096	7,719	7,632	57,876	59,229	1,353	9,687	44°19,3685' N	13°24,6497' E	58,620	7,959	0	0,000
Banco_26	83,641	8,121	2,583	55,036	57,508	2,472	5,673	44°19,3559' N	13°24,8930' E	56,630	14,45	0	0,000
Banco_27	42,580	7,154	3,354	59,303	60,583	1,280	4,932	44°19,3700' N	13°25,1847' E	59,983	8,634	0	0,000
Banco_28	67,556	5,489	5,003	53,748	54,958	1,210	6,487	44°19,3729' N	13°24,3532' E	54,291	10,415	0	0,000

Tab. 3-LIII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nell'ottobre 2012.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
Banco_1	-51,723	138	10	71	-55,562	-46,038	0,067
Banco_2	-52,081	829	16	237	-55,999	-43,011	0,062
Banco_3	-52,574	3508	34	1058	-55,989	-41,452	0,055
Banco_4	-45,692	122	1	26	-53,915	-35,549	0,27
Banco_5	-50,073	62	1	14	-53,655	-45,084	0,098
Banco_6	-51,972	212	11	175	-55,602	-45,068	0,064
Banco_7	-51,432	1842	32	585	-55,999	-41,406	0,072
Banco_8	-48,845	280	10	148	-53,643	-40,561	0,130
Banco_9	-44,323	169	2	41	-53,667	-37,143	0,37
Banco_10	-50,632	210	7	134	-53,934	-44,864	0,086
Banco_11	-49,911	1539	20	303	-53,988	-43,002	0,102
Banco_12	-50,565	522	9	153	-55,989	-41,265	0,088
Banco_13	-52,111	216	8	122	-55,655	-46,096	0,061
Banco_14	-52,339	729	16	245	-55,999	-45,347	0,058
Banco_15	-53,036	113	5	73	-55,636	-48,124	0,050
Banco_16	-52,64	188	9	96	-55,894	-46,287	0,054
Banco_17	-51,636	2441	15	336	-55,999	-41,057	0,069
Banco_18	-51,162	538	14	246	-55,989	-45,073	0,077
Banco_19	-49,082	362	16	136	-53,964	-41,952	0,124
Banco_20	-48,569	193	9	66	-53,667	-41,167	0,139
Banco_21	-50,263	76	5	45	-53,632	-45,108	0,094
Banco_22	-49,556	292	8	130	-55,62	-39,061	0,111
Banco_23	-51,181	3423	22	647	-55,988	-40,226	0,076
Banco_24	-47,673	80	4	28	-53,965	-41,418	0,171
Banco_25	-48,000	252	12	99	-53,678	-39,632	0,158
Banco_26	-51,003	89	4	48	-53,999	-45,545	0,079
Banco_27	-46,534	127	5	52	-53,724	-40,213	0,222
Banco_28	-49,598	268	8	76	-53,736	-43,695	0,11

*Sv = Volume backscattering strength

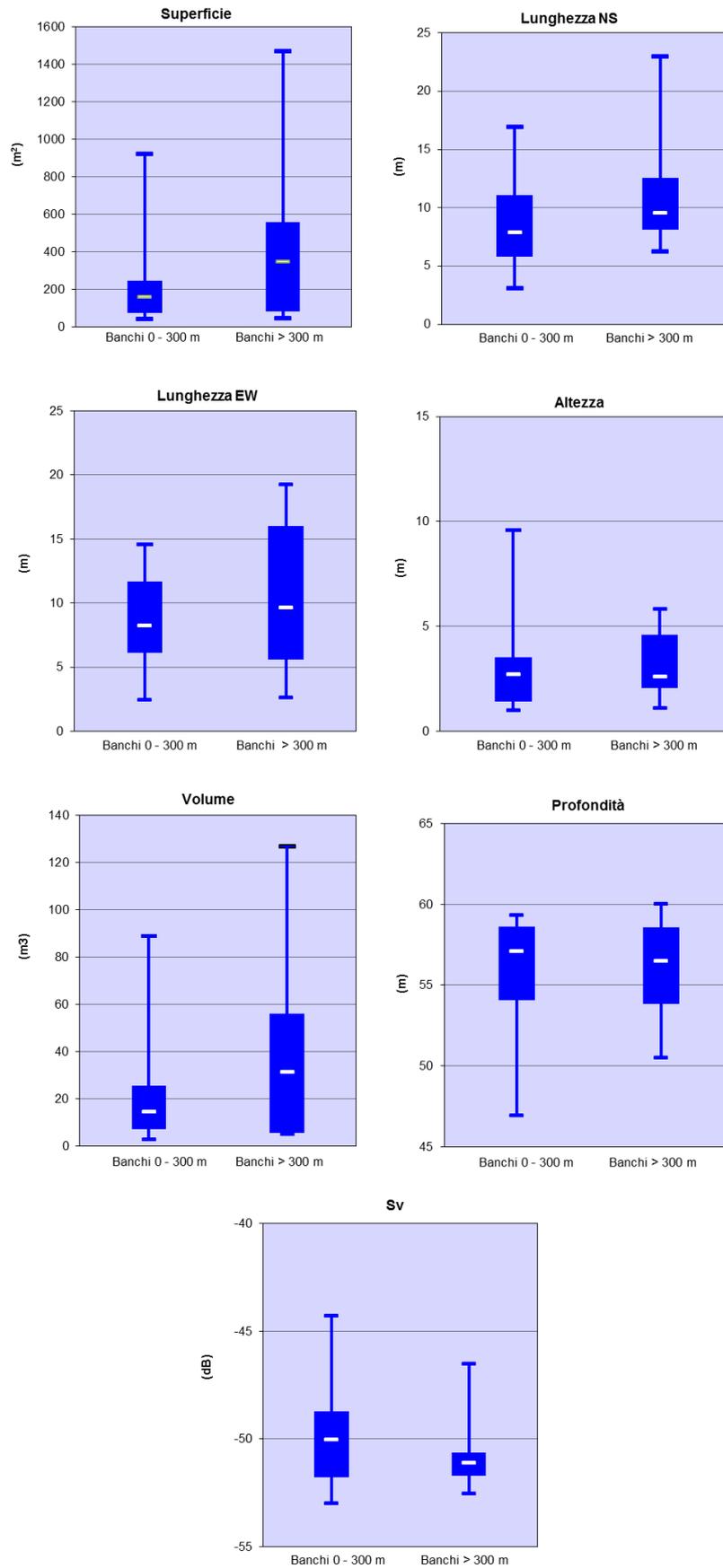


Fig. 3.88 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate vicino (0 – 300 m) e lontano (>300 m) dalla struttura nell’ottobre 2012. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. EW = est-ovest; NS = nord-sud; Sv = Volume backscatter strength.

Nel novembre 2012 sono state individuate 45 aggregazioni concentrate nei transetti E, SE e W, rispetto ad Annamaria B (fig. 3.89), di cui 12 rilevate entro i 300 m: il banco n. 17 rinvenuto a 58 m dall'impianto è risultato il più prossimo e il n.8 il più lontano (1274,1 m) come mostrato in Tab. 3-LIV.

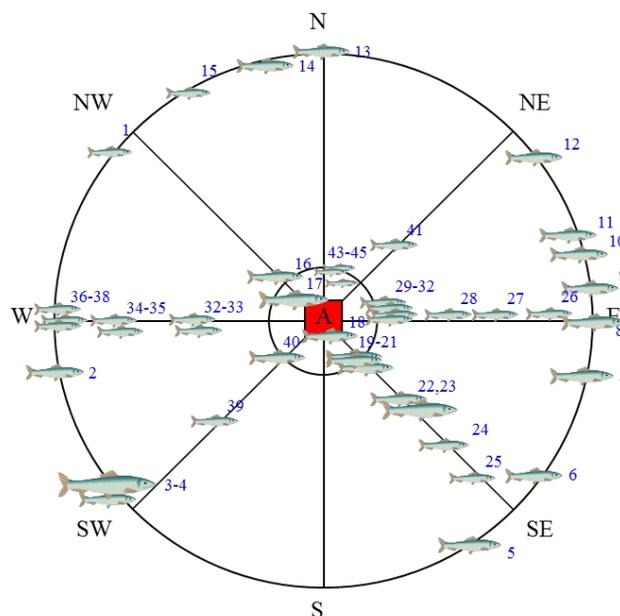


Fig. 3.89 - Schema planare della posizione delle 45 aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel novembre 2012. Figura non in scala.

Tab. 3-LIV - Distanza (m) dalla piattaforma Annamaria B dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel novembre 2012.

Banco	Distanza da Annamaria B (m)	Banco	Distanza da Annamaria B (m)
Banco_1	801,7	Banco_24	614,9
Banco_2	1171,3	Banco_25	951,0
Banco_3	901,5	Banco_26	1294,0
Banco_4	1131,9	Banco_27	605,5
Banco_5	1142,9	Banco_28	479,5
Banco_6	1201,2	Banco_29	317,2
Banco_7	1232,7	Banco_30	243,4
Banco_8	1274,1	Banco_31	223,1
Banco_9	1265	Banco_32	709,7
Banco_10	1249,3	Banco_33	805,9
Banco_11	1214,0	Banco_34	911,6
Banco_12	1140,2	Banco_35	971,1
Banco_13	1160,3	Banco_36	1202,6
Banco_14	1165,3	Banco_37	1219,8
Banco_15	1150,9	Banco_38	1240,6
Banco_16	154,7	Banco_39	709,5
Banco_17	58,0	Banco_40	78,2
Banco_18	39,9	Banco_41	354,1
Banco_19	69,2	Banco_42	665,5
Banco_20	102,4	Banco_43	76,2
Banco_21	125,3	Banco_44	74,8
Banco_22	317,2	Banco_45	154,0
Banco_23	327,7		

I banchi rilevati a distanze comprese nel range 0-300 m hanno presentato valori maggiori per ciascuna caratteristica metrica (Tab. 3-LV); in particolare, il banco n. 43 è risultato il più grande per superficie ($632,55 \text{ m}^2$), e per volume ($53,95 \text{ m}^3$). Le maggiori lunghezze NS ed EW sono state raggiunte rispettivamente dai banchi n. 4 e n. 40.

Il banco più piccolo è stato il n.33 presentando una superficie di $7,73 \text{ m}^2$, un volume di $0,66 \text{ m}^3$ e una lunghezza EW di 1,16 m. La minima lunghezza NS è stata registrata per il banco n. 42.

Le 45 aggregazioni sono apparse distribuite lungo la colonna d'acqua da una profondità minima di 26,21 m (banco n. 42) a quote prossime al fondale (massima profondità: 60,31 m del banco n. 5). la maggior parte degli esemplari è stata acquisita nel volume d'acqua compreso tra 47 e 58 m (fig. 3.90).

Le variabili acustiche relative a ciascun banco sono riportate in Tab. 3-LVI.

Tab. 3-LV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel novembre 2012.

Banco	Superficie (m ²)	Lunghezza NS (m)	Lunghezza EW (m)	Profondità minima (m)	Profondità massima (m)	Altezza (m)	Volume (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
Banco_1	51,075	6,207	5,566	58,036	59,112	1,076	4,732	44° 19,787' N	13° 23,675' E	58,562	10,794	0	0,000
Banco_2	86,969	5,128	5,203	57,502	59,137	1,635	9,714	44° 19,166' N	13° 23,596' E	58,382	8,953	0	0,000
Banco_3	235,104	7,215	10,484	55,974	58,453	2,479	16,721	44° 18,985' N	13° 23,759' E	57,635	13,961	0	0,000
Banco_4	401,613	17,076	5,930	55,063	58,500	3,437	35,577	44° 18,984' N	13° 23,748' E	56,882	11,289	0	0,000
Banco_5	43,897	5,561	3,691	60,015	60,618	0,603	3,836	44° 18,851' N	13° 24,936' E	60,314	11,443	0	0,000
Banco_6	16,119	2,904	4,497	59,371	60,131	0,760	0,953	44° 18,953' N	13° 25,151' E	59,763	16,908	0	0,000
Banco_7	125,949	7,923	10,679	54,012	56,284	2,272	7,549	44° 19,302' N	13° 25,366' E	55,274	16,685	0	0,000
Banco_8	45,104	4,127	4,222	57,800	59,315	1,515	4,506	44° 19,322' N	13° 25,393' E	58,575	10,010	0	0,000
Banco_9	339,763	8,367	7,748	52,644	58,619	5,975	24,386	44° 19,383' N	13° 25,392' E	57,554	12,611	0	0,000
Banco_10	66,678	6,987	6,445	59,164	60,215	1,051	5,958	44° 19,430' N	13° 25,375' E	59,789	11,191	0	0,000
Banco_11	488,267	7,212	9,744	55,108	58,430	3,322	49,547	44° 19,460' N	13° 25,343' E	57,240	9,861	0	0,000
Banco_12	37,473	5,509	3,727	58,725	59,448	0,723	2,765	44° 19,709' N	13° 25,142' E	59,109	13,552	0	0,000
Banco_13	369,473	10,126	11,188	56,479	59,191	2,713	28,922	44° 19,980' N	13° 24,457' E	58,150	12,775	0	0,000
Banco_14	149,118	12,177	8,311	58,234	59,373	1,139	11,627	44° 19,974' N	13° 24,293' E	58,812	12,825	0	0,000
Banco_15	244,670	9,782	8,838	57,621	59,132	1,511	18,219	44° 19,944' N	13° 24,167' E	58,416	13,430	0	0,000
Banco_16	60,581	4,416	6,115	57,359	58,893	1,534	6,482	44° 19,416' N	13° 24,360' E	58,119	9,346	0	0,000
Banco_17	35,310	6,902	5,159	58,415	59,188	0,773	1,945	44° 19,385' N	13° 24,434' E	58,841	18,156	0	0,000
Banco_18	125,385	5,235	10,103	57,795	59,181	1,386	7,672	44° 19,368' N	13° 24,462' E	58,395	15,990	0	0,000
Banco_19	59,156	5,441	6,816	58,241	59,625	1,385	3,957	44° 19,338' N	13° 24,486' E	58,987	14,948	0	0,000
Banco_20	199,179	8,427	9,008	54,464	56,506	2,042	19,660	44° 19,314' N	13° 24,492' E	55,515	10,131	0	0,000
Banco_21	113,153	8,687	12,179	58,374	59,522	1,148	6,333	44° 19,314' N	13° 24,515' E	59,033	17,866	0	0,000
Banco_22	47,721	6,681	7,798	58,315	59,076	0,761	2,525	44° 19,238' N	13° 24,6158' E	58,752	18,903	0	0,000
Banco_23	378,440	9,155	13,252	56,080	59,554	3,474	33,079	44° 19,232' N	13° 24,619' E	57,369	13,452	0	0,000
Banco_24	134,067	8,780	10,841	57,846	59,598	1,752	13,590	44° 19,1306' N	13° 24,781' E	58,712	9,865	0	0,000
Banco_25	212,605	10,047	9,161	58,776	59,988	1,212	25,063	44° 18,996' N	13° 24,953' E	59,429	8,704	0	0,000
Banco_26	32,707	4,498	3,095	56,677	57,755	1,078	3,119	44° 19,374' N	13° 25,412' E	57,207	10,488	0	0,000
Banco_27	76,584	8,528	8,631	57,548	58,944	1,396	5,806	44° 19,371' N	13° 24,895' E	58,198	13,191	0	0,000
Banco_28	40,346	3,689	4,405	48,711	50,535	1,824	3,109	44° 19,353' N	13° 24,801' E	49,571	12,976	0	0,000
Banco_29	24,744	4,964	2,242	59,122	59,863	0,741	2,104	44° 19,359' N	13° 24,678' E	59,53	11,758	0	0,000
Banco_30	196,014	9,078	6,758	57,222	58,985	1,762	18,598	44° 19,367' N	13° 24,622' E	57,949	10,423	0	0,000
Banco_31	15,719	3,288	2,584	43,936	45,008	1,072	1,638	44° 19,3674' N	13° 24,6068' E	44,530	9,596	0	0,000

Tab. 3-LV - Continuo.

Banco	Superficie (m²)	Lunghezza NS (m)	Lunghezza EW (m)	Profondità minima (m)	Profondità massima (m)	Altezza (m)	Volume (m³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m³)
Banco_32	44,661	6,520	4,558	57,690	58,519	0,829	3,501	44°19,3455' N	13°23,9046' E	58,135	12,757	0	0,000
Banco_33	7,726	2,912	1,158	46,044	47,586	1,541	0,662	44°19,3322' N	13°23,8327' E	46,774	11,664	0	0,000
Banco_34	31,436	3,389	3,451	46,644	48,652	2,007	2,561	44°19,3329' N	13°23,7529' E	47,732	12,276	0	0,000
Banco_35	20,941	2,702	4,669	43,948	45,509	1,560	1,145	44°19,3620' N	13°23,7074' E	44,718	18,292	0	0,000
Banco_36	241,474	6,444	7,948	44,584	47,350	2,766	24,214	44°19,3299' N	13°23,5334' E	45,863	9,972	0	0,000
Banco_37	216,259	9,271	16,503	44,342	46,149	1,807	16,261	44°19,3514' N	13°23,5199' E	45,289	13,299	0	0,000
Banco_38	20,692	3,865	2,579	43,768	45,258	1,490	1,590	44°19,3352' N	13°23,5045' E	44,467	13,015	0	0,000
Banco_39	84,521	3,368	3,203	28,980	32,689	3,709	5,185	44°19,1062' N	13°24,0324' E	31,506	15,881	0	0,000
Banco_40	571,557	12,929	19,487	56,494	59,059	2,565	51,864	44°19,396' N	13°24,447' E	56,841	9,790	0	0,000
Banco_41	44,388	4,105	4,228	40,010	41,705	1,695	3,754	44°19,4892' N	13°24,6288' E	40,931	11,825	0	0,000
Banco_42	8,835	1,329	2,626	25,690	26,736	1,046	0,714	44°19,7137' N	13°24,4167' E	26,207	12,381	0	0,000
Banco_43	632,550	8,234	8,643	55,988	59,591	3,603	53,949	44°19,3956' N	13°24,4425' E	57,493	13,884	0	0,000
Banco_44	28,562	3,436	4,135	55,123	56,146	1,023	1,723	44°19,3742' N	13°24,3904' E	55,655	16,580	0	0,000
Banco_45	21,346	4,606	2,736	44,343	47,248	2,906	1,602	44°19,3014' N	13°24,5288' E	45,818	13,324	0	0,000

Tab. 3-LVI - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel novembre 2012.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n, campioni	n, ping	n, beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
Banco_1	-51,723	138	10	71	-55,562	-46,038	0,067
Banco_2	-51,124	268	7	73	-55,990	-45,038	0,077
Banco_3	-51,589	378	4	96	-55,996	-44,480	0,069
Banco_4	-50,583	1148	21	187	-55,996	-42,996	0,087
Banco_5	-49,265	123	4	44	-55,685	-41,685	0,118
Banco_6	-50,961	29	3	19	-55,654	-45,177	0,080
Banco_7	-52,361	250	12	134	-55,936	-44,889	0,058
Banco_8	-49,253	130	4	32	-55,669	-41,146	0,119
Banco_9	-58,165	686	13	196	-55,656	-46,156	0,015
Banco_10	-50,867	188	9	61	-55,662	-44,638	0,082
Banco_11	-50,739	1119	11	147	-55,996	-43,488	0,084
Banco_12	-52,326	88	6	42	-55,623	-48,591	0,059
Banco_13	-52,041	1026	14	242	-55,998	-43,581	0,063
Banco_14	-51,495	385	12	164	-55,599	-43,560	0,071
Banco_15	-51,634	665	13	194	-55,611	-45,596	0,069
Banco_16	-47,347	244	6	57	-55,611	-39,566	0,184
Banco_17	-52,393	66	4	44	-55,591	-46,052	0,058
Banco_18	-51,956	228	9	100	-55,996	-44,084	0,064
Banco_19	-49,355	122	7	61	-55,623	-41,084	0,116
Banco_20	-49,672	556	11	118	-55,638	-41,099	0,108
Banco_21	-52,626	211	8	124	-55,631	-45,123	0,055
Banco_22	-53,451	84	8	63	-55,576	-49,576	0,045
Banco_23	-51,500	547	15	229	-55,996	-44,980	0,071
Banco_24	-47,941	440	14	122	-55,678	-37,178	0,161
Banco_25	-48,515	439	6	106	-55,669	-41,115	0,141
Banco_26	-48,778	83	5	46	-55,538	-41,526	0,133
Banco_27	-50,922	171	16	128	-55,644	-43,586	0,081
Banco_28	-51,776	116	9	54	-55,691	-44,616	0,066
Banco_29	-52,102	59	4	34	-55,632	-47,132	0,062
Banco_30	-50,975	416	12	157	-55,644	-43,109	0,080
Banco_31	-45,444	64	5	31	-55,992	-37,962	0,285
Banco_32	-51,979	100	8	66	-55,562	-46,050	0,063
Banco_33	-51,522	20	2	11	-55,793	-47,755	0,070
Banco_34	-52,721	75	6	38	-55,880	-46,856	0,053
Banco_35	-52,724	41	9	35	-55,604	-49,091	0,053
Banco_36	-51,026	613	12	140	-55,990	-44,356	0,079
Banco_37	-51,961	611	29	376	-55,998	-43,998	0,064
Banco_38	-52,811	55	4	32	-55,771	-48,286	0,052
Banco_39	-52,061	80	3	27	-55,849	-46,811	0,062
Banco_40	-47,068	688	21	245	-55,964	-34,415	0,196
Banco_41	-49,890	145	4	41	-55,675	-45,099	0,103
Banco_42	-51,748	43	2	24	-55,959	-46,933	0,067
Banco_43	-51,842	435	12	129	-55,998	-43,405	0,065
Banco_44	-51,017	53	3	21	-55,866	-44,318	0,079
Banco_45	-51,518	54	6	41	-55,917	-46,405	0,070

*Sv = Volume backscattering strength

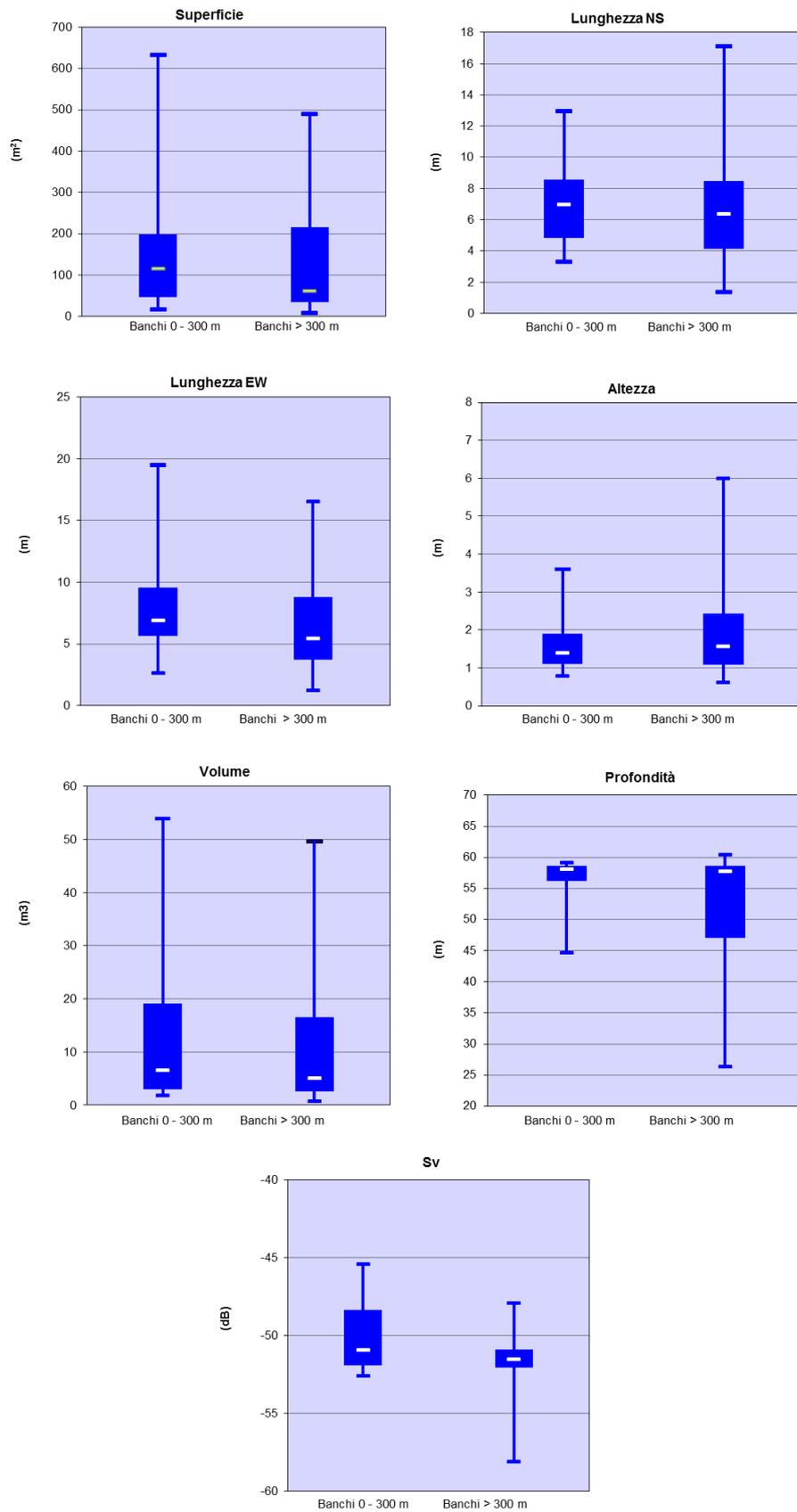


Fig. 3.90 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate vicino (0 – 300 m) e lontano (>300 m) dalla struttura nel novembre 2012. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. EW = est-ovest; NS = nord-sud; S_v = Volume backscatter strength.

Nel dicembre 2012 sono state individuate 26 aggregazioni a distanze dalla struttura comprese tra 34,5 m (banco n. 5) e 1289,9 m (banco n. 6), di cui la metà in prossimità della piattaforma, dislocate maggiormente sul versante NE della stessa (Tab. 3-LVII; fig. 3.91).

Tab. 3-LVII - Distanza (m) dalla piattaforma Annamaria B dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel dicembre 2012.

Banco	Distanza da Annamaria B (m)	Banco	Distanza da Annamaria B (m)
Banco_1	1170,9	Banco_14	47,9
Banco_2	1140,6	Banco_15	34,5
Banco_3	1169,0	Banco_16	95,5
Banco_4	1145,3	Banco_17	960,0
Banco_5	1102,5	Banco_18	1020,2
Banco_6	1289,9	Banco_19	632,9
Banco_7	64,4	Banco_20	111,8
Banco_8	123,3	Banco_21	119,6
Banco_9	172,4	Banco_22	969,6
Banco_10	237,0	Banco_23	664,7
Banco_11	341,2	Banco_24	125,6
Banco_12	1155,1	Banco_25	111,4
Banco_13	125,2	Banco_26	144,5

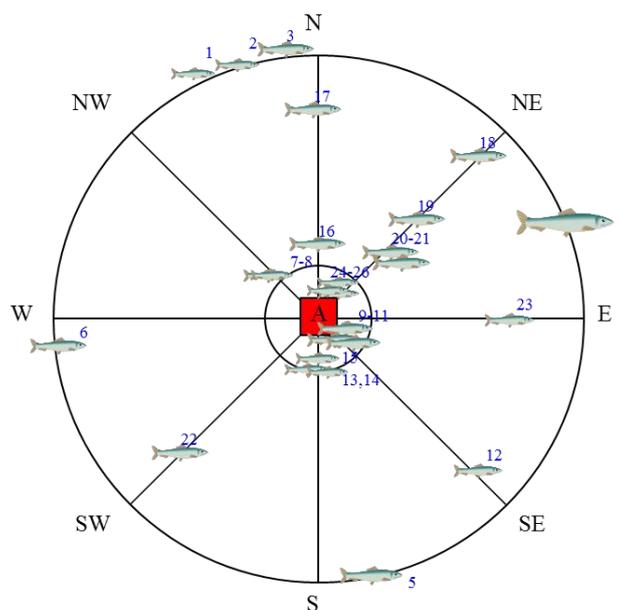


Fig. 3.91 - Schema planare della posizione delle 26 aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel dicembre 2012. Figura non in scala

Le caratteristiche metriche delle aggregazioni rilevate in questo survey (Tab. 3-LVIII) hanno mostrato valori confrontabili per i due gruppi di banchi rilevati, con mediane molto simili (fig. 3.92). Infatti, la superficie e il volume relativi ai banchi entro 300 m da Annamaria B sono stati pari rispettivamente a 143,28 m² e 11,63 m³, mentre quelli delle aggregazioni rilevate oltre i 300 m di distanza sono risultati rispettivamente 146,08 m² e

4,73 m³. Il banco n. 4 è risultato il più grande per superficie (1924,05 m²), volume (199,15 m³) e lunghezza EW (21,55 m). Superficie e volumi minimi sono stati rilevati per il banco n. 21.

Il banco più superficiale è stato riscontrato a -35,44 m (n. 23), mentre quello più profondo è stato registrato a 59,76 m (n. 5).

Le variabili acustiche relative a ciascun banco sono riportate in Tab. 3-LIX.

Tab. LVIII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di dicembre 2012.

Banco	Superficie (m ²)	Lunghezza NS (m)	Lunghezza EW (m)	Profondità minima (m)	Profondità massima (m)	Altezza (m)	Volume (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
Banco_1	146,084	6,613	8,619	55,974	57,989	2,015	25,702	44° 19,909' N	13° 24,016' E	56,968	5,684	0	0,000
Banco_2	106,131	8,650	5,935	51,208	53,915	2,707	7,221	44° 19,931' N	13° 24,139' E	52,679	14,558	0	0,000
Banco_3	743,082	12,686	9,707	46,271	53,439	7,168	70,412	44° 19,955' N	13° 24,171' E	49,487	10,553	0	0,000
Banco_4	1924,052	18,981	21,548	50,404	59,376	8,972	199,153	44° 19,643' N	13° 25,203' E	55,842	9,661	0	0,000
Banco_5	12,943	3,892	1,891	59,469	60,126	0,656	0,709	44° 18,780' N	13° 24,655' E	59,764	18,244	0	0,000
Banco_6	94,512	8,289	7,634	57,648	58,867	1,220	9,343	44° 19,303' N	13° 23,470' E	58,224	10,116	0	0,000
Banco_7	170,701	13,456	9,763	56,325	59,882	3,557	11,569	44° 19,365' N	13° 24,393' E	56,980	14,718	0	0,000
Banco_8	118,302	7,787	6,748	56,124	59,031	2,907	8,245	44° 19,316' N	13° 24,516' E	58,353	14,237	0	0,000
Banco_9	260,467	12,102	8,590	57,947	59,424	1,477	18,580	44° 19,298' N	13° 24,543' E	58,897	13,554	0	0,000
Banco_10	426,635	23,922	14,864	58,167	60,147	1,981	33,359	44° 19,273' N	13° 24,578' E	59,248	12,143	0	0,000
Banco_11	203,781	12,369	11,127	58,811	60,146	1,335	16,228	44° 19,231' N	13° 24,631' E	59,396	12,133	0	0,000
Banco_12	339,825	7,489	8,071	56,125	60,335	4,209	40,076	44° 18,918' N	13° 25,061' E	58,521	8,479	0	0,000
Banco_13	564,101	10,218	14,309	56,722	59,741	3,019	40,986	44° 19,287' N	13° 24,443' E	59,079	13,037	0	0,000
Banco_14	143,279	7,213	13,394	57,572	59,149	1,577	10,841	44° 19,329' N	13° 24,444' E	58,512	12,238	0	0,000
Banco_15	153,416	9,176	12,236	58,310	60,024	1,714	9,925	44° 19,363' N	13° 24,463' E	58,908	15,483	0	0,000
Banco_16	19,985	2,343	6,160	52,699	55,618	2,919	1,502	44° 19,394' N	13° 24,393' E	54,291	13,301	0	0,000
Banco_17	47,171	3,285	4,748	52,591	54,487	1,897	3,973	44° 19,872' N	13° 24,418' E	53,665	11,872	0	0,000
Banco_18	468,715	15,197	10,523	54,369	57,688	3,319	48,466	44° 19,746' N	13° 24,980' E	56,173	9,671	0	0,000
Banco_19	439,475	10,361	7,634	53,559	57,168	3,609	34,525	44° 19,601' N	13° 24,770' E	54,813	10,923	0	0,000
Banco_20	49,041	4,476	5,274	59,049	59,993	0,944	3,827	44° 19,402' N	13° 24,492' E	59,614	12,857	0	0,000
Banco_21	10,768	3,752	2,537	45,948	47,666	1,718	0,679	44° 19,411' N	13° 24,484' E	46,700	15,858	0	0,000
Banco_22	19,822	2,841	4,350	52,297	53,869	1,572	1,867	44° 18,983' N	13° 23,924' E	53,060	10,617	0	0,000
Banco_23	48,358	3,052	4,545	34,079	41,739	7,660	3,715	44° 19,386' N	13° 24,939' E	35,444	12,916	0	0,000
Banco_24	250,087	5,944	8,133	51,517	53,843	2,326	33,985	44° 19,346' N	13° 24,533' E	52,964	7,128	0	0,000
Banco_25	67,650	6,651	5,767	53,243	56,109	2,866	5,128	44° 19,412' N	13° 24,464' E	54,057	12,900	0	0,000
Banco_26	14,618	3,113	2,585	54,586	55,766	1,180	0,898	44° 19,432' N	13° 24,445' E	55,220	16,274	0	0,000

Tab. 3-LIX - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento di dicembre 2012.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
Banco_1	-45,016	756	14	149	-55,992	-34,480	0,315
Banco_2	-53,269	132	9	93	-55,770	-47,733	0,047
Banco_3	-49,654	2208	13	302	-53,992	-41,362	0,108
Banco_4	-51,035	5138	36	856	-55,989	-40,113	0,079
Banco_5	-53,851	22	2	16	-55,635	-51,657	0,041
Banco_6	-55,436	334	19	160	-55,575	-44,586	0,029
Banco_7	-53,743	233	25	192	-55,977	-43,919	0,042
Banco_8	-52,324	137	9	89	-55,598	-46,075	0,059
Banco_9	-52,180	232	11	169	-55,656	-47,610	0,061
Banco_10	-52,612	640	31	451	-55,668	-44,110	0,055
Banco_11	-52,375	250	15	136	-55,668	-46,156	0,058
Banco_12	-51,158	1196	9	136	-55,989	-44,102	0,077
Banco_13	-52,635	265	12	178	-55,633	-46,622	0,055
Banco_14	-51,456	223	13	126	-55,645	-46,086	0,072
Banco_15	-52,991	328	19	238	-55,602	-48,102	0,050
Banco_16	-52,242	50	5	37	-55,563	-48,563	0,060
Banco_17	-52,814	117	4	36	-55,825	-48,302	0,052
Banco_18	-50,776	1551	21	465	-55,989	-41,568	0,084
Banco_19	-51,401	397	14	129	-55,943	-45,373	0,072
Banco_20	-52,667	63	6	43	-55,646	-47,113	0,054
Banco_21	-53,982	28	3	19	-55,992	-50,992	0,040
Banco_22	-52,818	44	3	22	-55,992	-48,992	0,052
Banco_23	-52,560	59	6	39	-55,956	-48,931	0,055
Banco_24	-50,519	61	1	21	-55,643	-45,156	0,089
Banco_25	-52,228	68	8	53	-55,845	-46,370	0,060
Banco_26	-52,901	26	4	22	-55,598	-51,098	0,051

*Sv = Volume backscattering strength

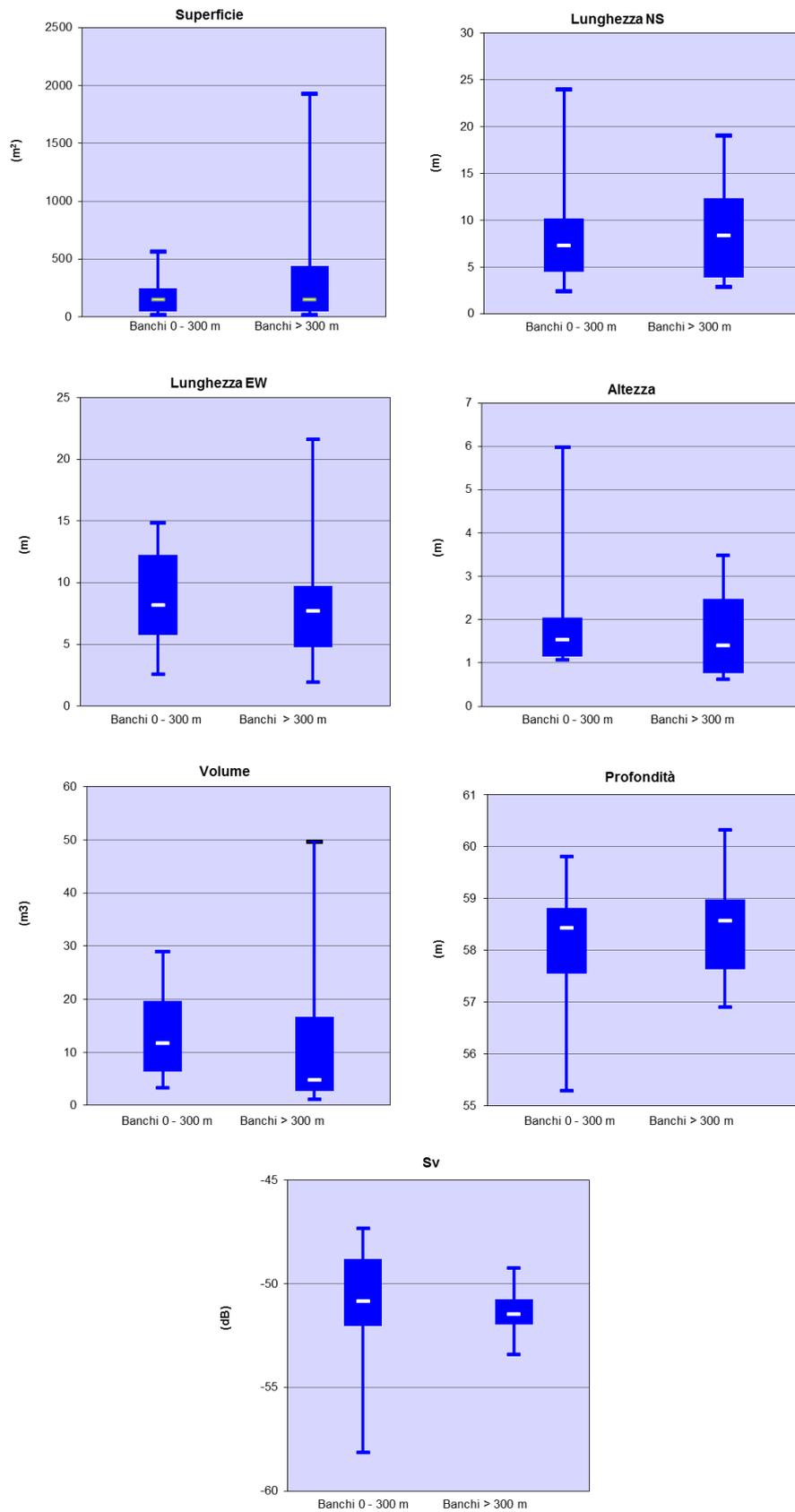


Fig. 3.92 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate vicino (0 – 300 m) e lontano (>300 m) dalla struttura nel dicembre 2012. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. EW = est-ovest; NS = nord-sud; S_v = Volume backscatter strength.

Di seguito si riportano rappresentazioni tridimensionali dell'immagine acustica di alcune aggregazioni di pesce rilevate nei campionamenti effettuati nel 2° semestre 2012 (figg. 3.93 - 3.102). Tali immagini permettono una percezione spazio-temporale dei singoli banchi nell'ambiente circostante la piattaforma.

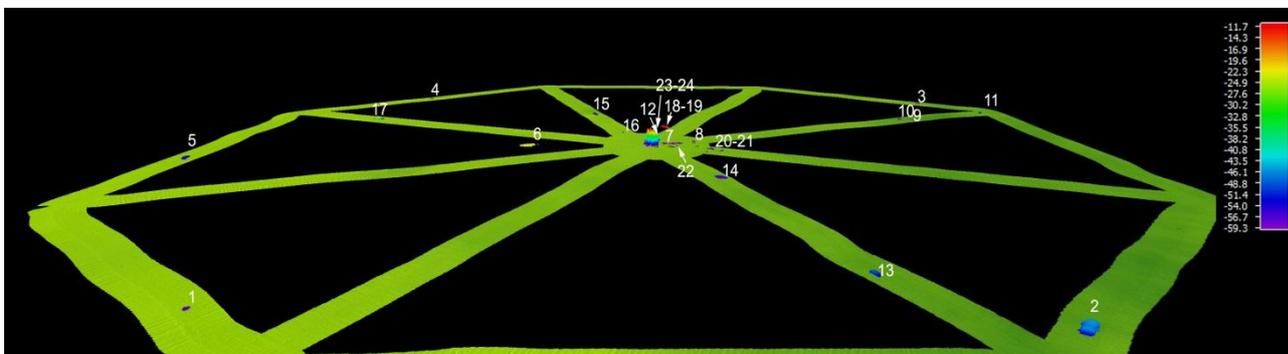


Fig. 3.93 – Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce rinvenuti nel mese di **agosto 2012**.

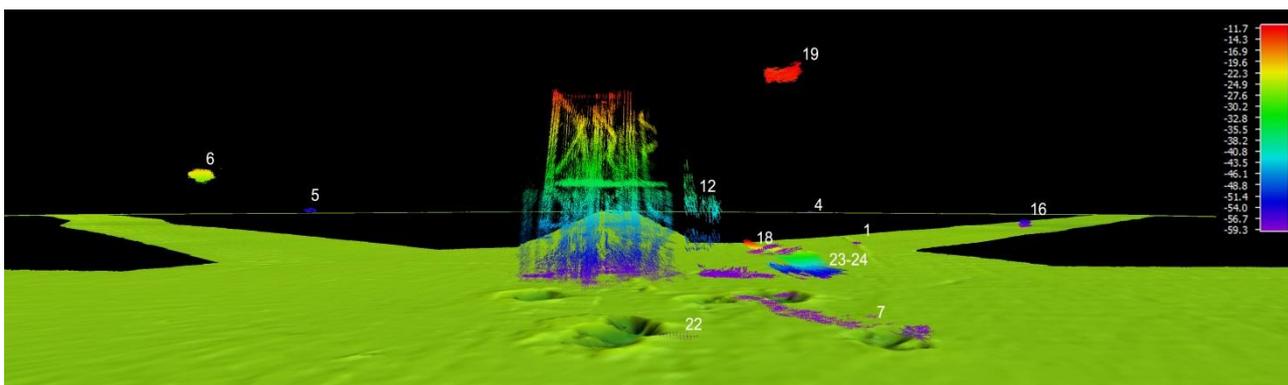


Fig. 3.94 – Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in prossimità della piattaforma in cui sono stati individuati i banchi di pesce n. 1, 4, 5, 6, 7, 12, 16, 18,19, 22, 23, 24 (**agosto 2012**).

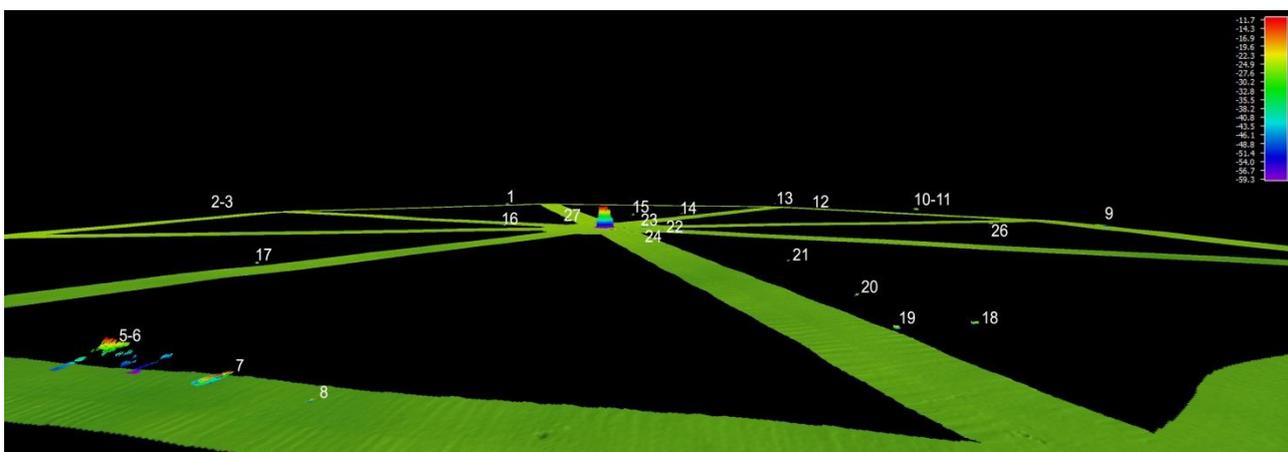


Fig. 3.95 – Immagine tridimensionale (vista NW) della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce del rilievo condotto nel mese di **settembre 2012**.

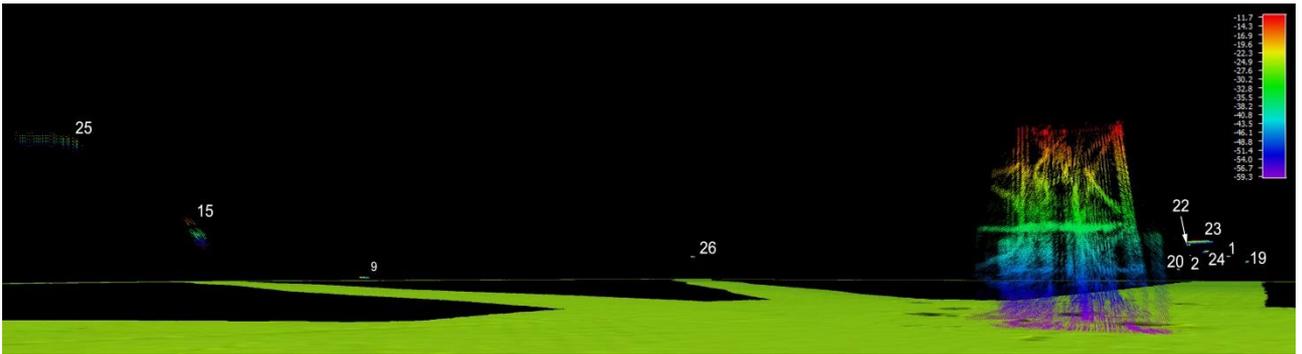


Fig. 3.96 – Immagine tridimensionale della piattaforma ed i banchi di pesce n. 1, 2, 9, 15, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26 del rilievo condotto nel mese di **settembre 2012**.

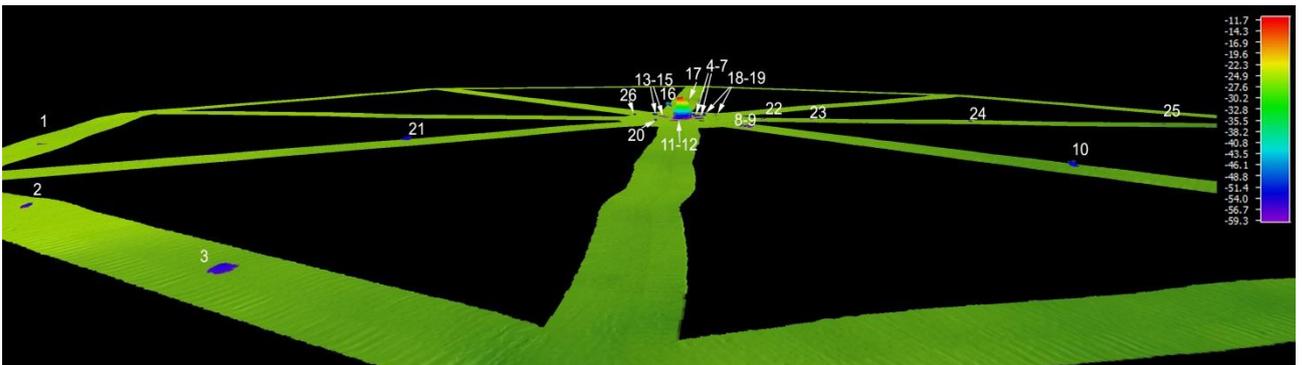


Fig. 3.97 – Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce del rilievo condotto nel mese di **ottobre 2012**.

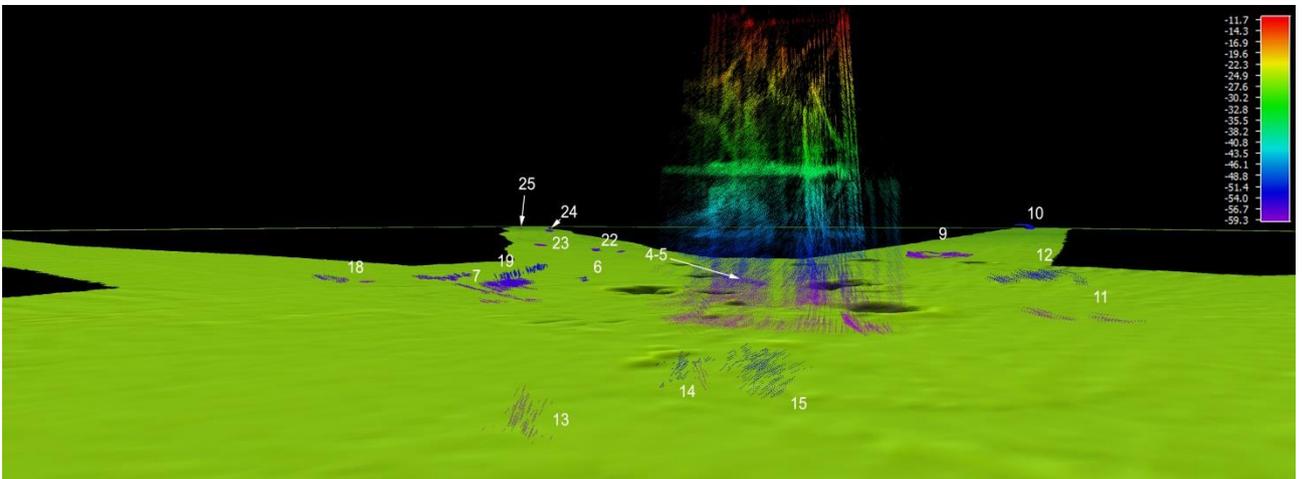


Fig. 3.98 – Immagine tridimensionale della piattaforma in cui è evidente l'attrattività della stessa: sono indicati i banchi di pesce rilevati in prossimità Annamaria B rilevati nel mese di **ottobre 2012**.

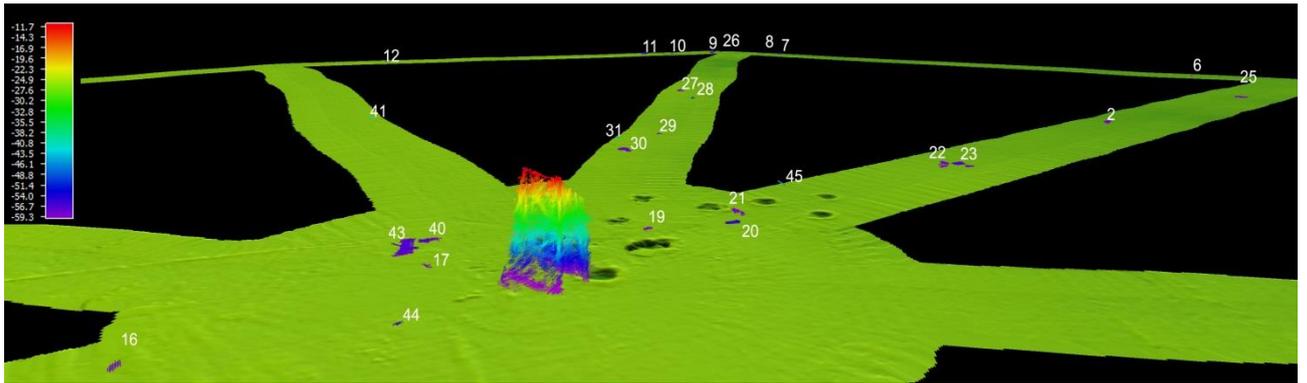


Fig. 3.99 – Immagine tridimensionale della porzione di colonna d’acqua a Sud Est della piattaforma durante il survey condotto nel mese di **novembre 2012**.

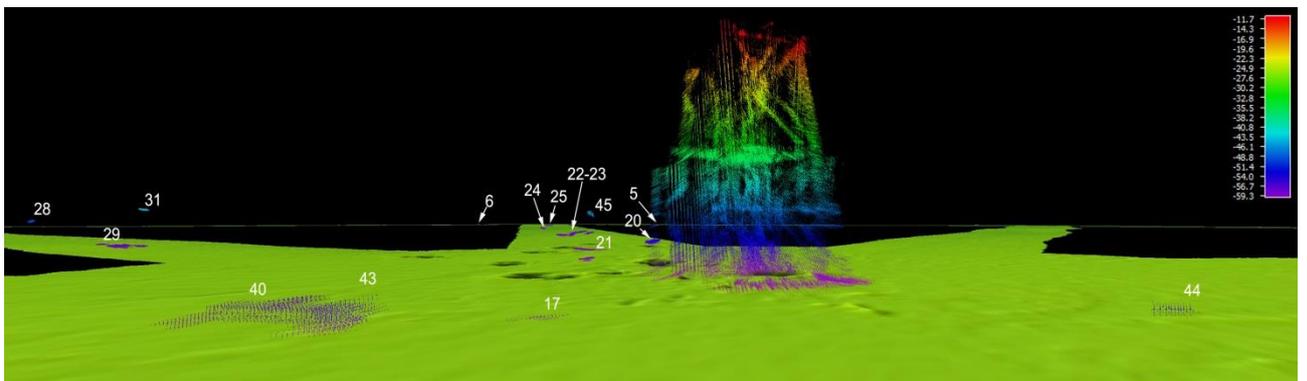


Fig. 3.100 – Immagine tridimensionale della porzione di colonna d’acqua a SE della piattaforma durante il survey condotto nel mese di **novembre 2012**.

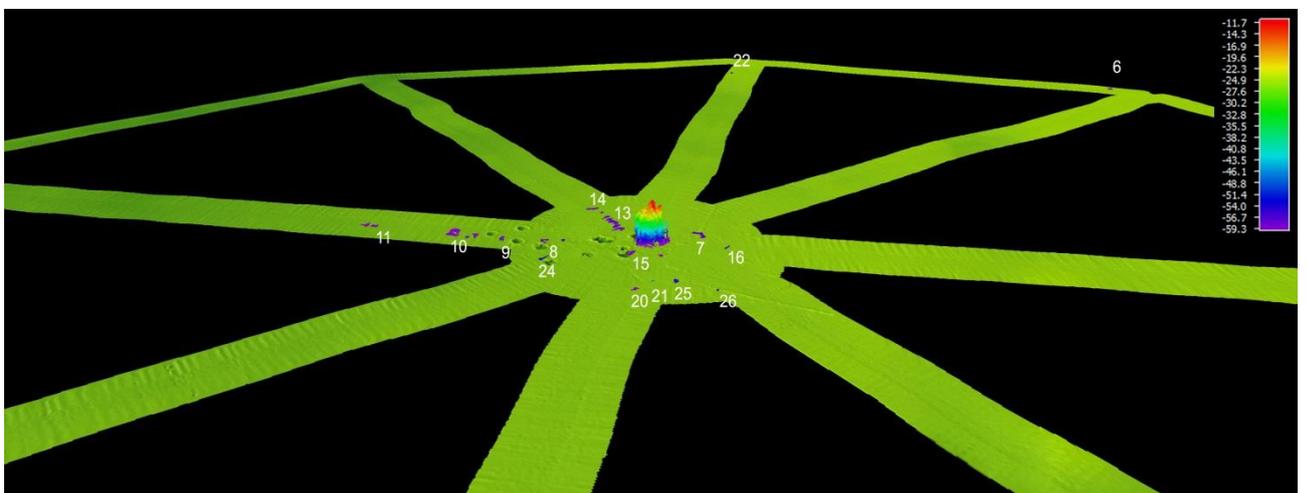


Fig. 3.101 – Immagine tridimensionale dell’area di survey intorno alla piattaforma in cui si nota il potere attrattivo della stessa: survey condotto nel mese di **dicembre 2012**.

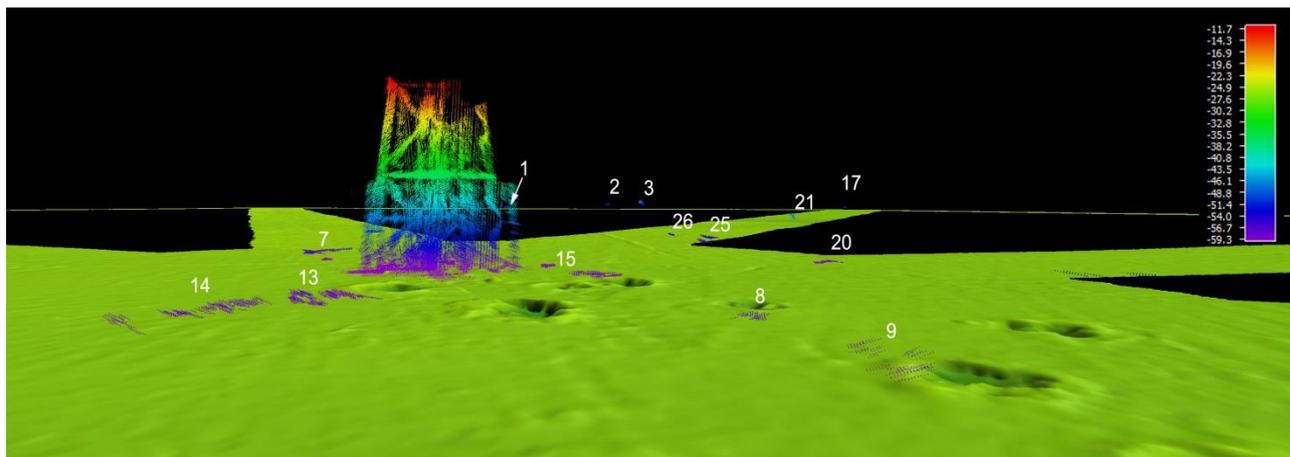


Fig. 3.102 – Immagine tridimensionale della porzione di colonna d’acqua attorno alla piattaforma Annamaria B durante il survey condotto nel mese di **dicembre 2012**.

3.10. AVVISTAMENTI DI CETACEI

In Tab. 3-LX sono riportati i survey e gli avvistamenti dei cetacei effettuati nel secondo semestre 2012.

In questo periodo è avvenuto un solo avvistamento in settembre, quando alle ore 16:30 è stato osservato un esemplare di *Tursiops truncatus* in corrispondenza del controllo K2 posto a circa 1 km a NE di Annamaria B.

Tab. 3-LXVII - Time table dei survey effettuati in un'area di circa 1 mn² attorno ad Annamaria B per l'avvistamento di cetacei marini nel secondo semestre 2012.

	N. survey N. avvist.	
Luglio 2012	3	0
Agosto 2012	3	0
Settembre 2012	3	1
Ottobre 2012	3	0
Novembre 2012	3	0
Dicembre 2012	3	0

4. CONCLUSIONI

In riferimento al GAB-DEC-2008-0000271 del 12/12/2008 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR Sede 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 Annamaria B e delle condotte sottomarine colleganti le piattaforme Annamaria B – Annamaria A e Annamaria B - Brenda.

In base alle caratteristiche dell'area in cui è stata installata la piattaforma, alle esperienze pluriennali del CNR-ISMAR sul monitoraggio di piattaforme off-shore (Fabi *et al.*, 2001; 2002; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2014a; 2015) e a quanto richiesto nella Specifica Tecnica SAOP 09/02 Rev. 1, si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio volto a valutare gli impatti indotti dalle operazioni di installazione delle strutture comprendente lo studio delle caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua (fisiche, chimiche e correntometriche), delle caratteristiche sedimentologiche (fisiche, chimiche ed ecotossicologiche), della comunità bentonica e di quella ittica presenti nell'area circostante la piattaforma e i sea-line. Nel programma erano anche inclusi la ricerca di inquinanti in esemplari di mitili (*Mytilus galloprovincialis*) insediati sulle parti sommerse della piattaforma (da svolgersi una volta ultimati i lavori di installazione) e l'avvistamento di cetacei e tartarughe marine nei dintorni della struttura.

Al fine di ottenere un quadro esaustivo degli effetti indotti dall'installazione della piattaforma, sulla base della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS, nel programma di monitoraggio sono stati previsti un survey precedente alla posa in opera della piattaforma (autunno 2008), tre survey durante le operazioni di installazione della struttura (inverno ed estate 2009; inverno 2010) e perforazione dei pozzi e sei survey, da svolgersi durante le stagioni invernali ed estive nei tre anni di indagini successivi alle operazioni di installazione e perforazione.

Si specifica che, per quanto riguarda le fasi di pre-survey e durante i lavori di posa in opera sono stati previsti monitoraggi semplificati rispetto a quelli successivi all'installazione volti a caratterizzare le aree e consistenti in prelievi da effettuarsi presso un numero adeguato di stazioni di campionamento. Nella fase di produzione il campionamento della colonna d'acqua consiste nel monitoraggio bimestrale di 8 stazioni disposte a croce con al centro la piattaforma, di cui 4 a circa 100 m di distanza dalla struttura e 4 a circa 1800 m (controlli). Per quanto concerne i sedimenti e la comunità bentonica, il campionamento

semestrale (inverno ed estate) consiste nel prelievo lungo due transetti perpendicolari tra loro con al centro Annamaria B, lungo ciascuno dei quali sono disposte 10 stazioni a distanze crescenti, e presso 4 siti di riferimento posizionati a una distanza tale da non essere influenzati dalla presenza della piattaforma. La ricerca di inquinanti in organismi sentinella e le indagini ultrastrutturali vengono effettuate con cadenza semestrale su esemplari di *Mytilus galloprovincialis* prelevati vicino e lontano dagli anodi di sacrificio e da un sito di controllo non sottoposto a pressione antropica. Tale attività è iniziata nell'inverno 2011 a causa della mancanza di un numero adeguato di esemplari insediato sulle parti sommerse della piattaforma. Per quanto concerne infine la comunità ittica, lo studio prevede campionamenti mensili con rete tremaglio sia nei pressi della piattaforma, sia in due aree di controllo, oltre a indagini acustiche mediante MultiBeam Echosounder. Nel presente rapporto sono descritti i risultati relativi alle caratteristiche idrologiche, alle indagini sedimentologiche, ecotossicologiche e sulle comunità bentonica e ittica, alla ricerca di inquinanti in *Mytilus galloprovincialis* e al rilevamento di cetacei conseguiti nel quinto monitoraggio condotto dopo l'installazione della piattaforma Annamaria B (luglio-dicembre 2012), brevemente confrontati con quelli precedenti.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua – Nel corso del secondo semestre 2012 sono state effettuate tre campagne di misura (agosto, settembre e dicembre) attorno alla piattaforma Annamaria B. In questo periodo, analogamente all'anno precedente (Fabi *et al.*, 2014c), è apparso evidente il naturale raffreddamento della colonna d'acqua, con la scomparsa del termoclino stagionale tra settembre e dicembre. A settembre invece, era ancora presente una stratificazione superficiale per quanto concerne la salinità, con valori maggiori verso il fondo. La saturazione d'ossigeno non ha mai mostrato valori al di sotto del 90%, il che esclude la presenza di episodi ipossici nella zona indagata. I valori di fluorescenza e torbidità sono risultati ridotti in tutto il periodo, senza presentare differenze importanti tra le varie stazioni. I nutrienti non hanno evidenziato concentrazioni marcatamente differenti tra le stazioni prossime alla piattaforma e quelle più lontane. La scarsa distribuzione della clorofilla, in particolare della b e della c, suggerisce l'assenza di bloom abbondanti di alcune specie fitoplanctoniche come le alghe verdi e le diatomee. Anche la distribuzione delle clorofille non ha presentato differenze degne di nota tra le stazioni prossime alla piattaforma e quelle più lontane.

Misure correntometriche – Durante il periodo preso in considerazione (2° semestre 2012) le correnti sono risultate sostanzialmente di direzione costante e provenienti dal terzo

quadrante. L'intensità della corrente è abbastanza costante e di ridotta intensità rispetto allo stesso periodo del 2011 (Fabi *et al.*, 2014c), anche se, come nell'anno precedente, superiore in superficie rispetto al fondo. La temperatura ha presentato un andamento crescente da giugno a novembre seguito poi da una graduale decrescita nell'ultimo mese di osservazione, confermando l'andamento del 2011.

Caratteristiche sedimentologiche – La piattaforma Annamaria B è situata su un fondale costituito in prevalenza da sabbia. Le operazioni di costruzione della struttura non hanno modificato sostanzialmente queste caratteristiche (Fabi *et al.*, 2016). Le variazioni osservate sono ritenersi modeste inquadrabili nella naturale dinamica dei sedimenti.

Nell'intero periodo di studio le concentrazioni dei contaminanti sono rimaste complessivamente modeste, anche se non sono mancate delle anomalie (Fabi *et al.*, 2016). In particolare, l'installazione della piattaforma aveva comportato alcuni segnali di disturbo nell'area circostante che si sono manifestati nel 3° survey durante lavori (inverno 2010), quando alcuni metalli e la percentuale di sostanza organica hanno esibito evidenti incrementi, sebbene limitati alle immediate vicinanze della struttura. Nell'estate successiva, ovvero nel 1° survey post lavori, tali anomalie sono state confermate ed è stata anche osservata una leggera espansione dell'area di influenza della piattaforma. Molti metalli e la sostanza organica, infatti, hanno mostrato anomalie oltre che in AM SE anche in corrispondenza del sito A5 distante 30 m a SE dalla struttura.

Nell'inverno 2011 era stato evidenziato l'inizio di un processo di recupero dell'area, nonostante fossero ancora state segnalate alcune anomalie. Nel caso del bario, ad esempio, erano state rilevate concentrazioni elevate un po' ovunque, con un picco sotto la piattaforma (AM SE) sebbene notevolmente inferiore a quello registrato nell'estate precedente. Anche il rame esibiva una concentrazione molto più elevata rispetto ai controlli e al pre-survey a 30 m da Annamaria B in direzione SE (stazione A5). Lo zinco aveva mostrato una riduzione dei picchi in AM SE e A5 rispetto all'estate 2010, ma i valori rimanevano ancora leggermente alterati rispetto ai controlli e al pre-survey.

Complessivamente anche nell'estate 2011 i tenori dei metalli sono rimasti modesti, ma si è assistito alla recrudescenza, per lo più sporadica, di alcuni di essi. In particolare, esclusi bario, mercurio, piombo e zinco, hanno esibito un picco sempre in A5, che è risultata la stazione più contaminata. La maggior parte di questi picchi, tuttavia, sono apparsi confrontabili o inferiori a quelli registrati in precedenza, fatto che esclude un processo di graduale deterioramento dell'area. I dati dell'inverno 2012 indicavano che le condizioni

dell'area erano paragonabili a quelle originarie, pur permanendo ancora delle anomalie nei pressi della piattaforma, in particolare a carico del bario, del rame e dello zinco. I dati dell'ultimo survey poco aggiungono a quanto emerso dalla campagna precedente. Va solo sottolineato che per il bario il raggio di influenza risulta aumentato rispetto all'inverno precedente, dato che anche la stazione A7, posta a 120 m a SE dalla struttura, esibisce un tenore molto più elevato rispetto ai controlli. Analogamente, il rame mostra ancora picchi di concentrazioni in corrispondenza di Annamaria B, ma in valore assoluto i tenori risultano modesti.

E' comunque da sottolineare che cadmio, mercurio, piombo, nichel, arsenico e cromo sono risultati sempre al di sotto degli Standard di Qualità Ambientale (SQA) riportati nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015. L'unica concentrazione apparsa superiore è quella del piombo rilevata in AM SE nel 1° survey post lavori, ma tale anomalia non è stata più rilevata nei monitoraggi successivi (Fabi *et al.*, 2016).

Analogamente a quanto osservato per i metalli, anche per gli IPA nell'estate 2011 era stato registrato un picco in A5 mai rilevato in precedenza (Fabi *et al.*, 2016), sebbene ancora largamente inferiore all'LCB indicato dal Manuale ICRAM-APAT (2007). Inoltre, nell'inverno 2012 le stazioni avevano esibito comportamenti differenti tra loro, mostrando in alcuni casi un evidente incremento. Complessivamente, nel 2012, i sedimenti risultavano maggiormente contaminati da IPA rispetto al pre-survey, fatto osservato anche per i controlli. A fronte di questo comportamento comune tra siti appartenenti ai transetti e controlli, era stato ipotizzato che presumibilmente quanto osservato fosse conseguenza di fattori non direttamente legati all'attività produttiva di Annamaria B, ma piuttosto all'aumento del traffico marittimo nell'area conseguente all'installazione della piattaforma.

Dai valori rilevati nell'ultimo survey risulta che l'area indagata, compresa quella che ospita i siti di controllo, è andata incontro ad una riduzione di IPA, tanto da tornare alle condizioni del pre survey (con l'eccezione della stazione B3 posizionata a 60 m a NE di Annamaria B)

Comunque, le concentrazioni rilevate nell'intero periodo di indagine (Fabi *et al.*, 2016) sono risultate largamente inferiori agli SQA riportati nella Tab. 3/A del DM 172/2015.

Nell'ultimo campionamento anche la percentuale di sostanza organica risulta complessivamente modesta. Complessivamente, i tenori di sostanza organica nell'intorno della piattaforma sono andati pregressivamente diminuendo ad indicare graduale un processo di recupero, che nell'estate 2012 si può ritenere ultimato.

Per quanto riguarda infine i composti organostannici, i dati dimostrano che la forma tributile è stata rilevata solo durante i lavori di posa della struttura (Fabi *et al.*, 2016). Nella fase di produzione della piattaforma questi composti si sono degradati nelle forme di- e mono-butile ad indicare l'assenza di nuove fonti di immissione di questi contaminanti nell'ambiente. Nell'ultimo survey si è inoltre assistito a un decremento anche di queste due forme a confermare la graduale scomparsa di questi contaminanti dall'area di studio.

Accumulo e degradazione degli IPA nei sedimenti - L'analisi dell'accumulo e degradazione degli IPA condotta sui sedimenti ha in parte confermato alcuni dei risultati già emersi in precedenza (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c) e in parte fornito informazioni aggiuntive sul comportamento dei sedimenti dell'area di studio dal punto di vista della capacità di degradare le molecole di IPA.

Le conferme riguardano la maggiore velocità di degradazione che ha luogo in presenza di luce e a una temperatura di 18°C. Questo perché l'attività metabolica dei microrganismi operanti la degradazione viene favorita da aumenti di temperatura e dalla presenza di radiazione luminosa. Un'altra conferma riguarda la differenza riscontrata in tutte le campagne tra la velocità di degradazione che avviene nei sedimenti prelevati nei pressi della piattaforma rispetto ai controlli, maggiore nella prima area. La ragione di tale differenza può essere legata alla presenza della struttura stessa, che potrebbe aver favorito localmente il diffondersi di una flora batterica in grado di degradare più velocemente questi composti organici. Il fatto però che la cosa si ripeta anche nelle condizioni di buio, là dove la flora batterica è inibita, indica che è probabile che concorrano a tale fenomeno anche altri fattori, quali ad esempio differenze nelle caratteristiche chimiche e fisiche delle matrici.

Rispetto alle campagne precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c) nell'area della piattaforma è emersa ovunque una cinetica di degradazione simile a quella riscontrata nell'estate 2010 e decisamente inferiore a quelle ottenute durante i lavori di installazione (estate 2009) e dopo due anni dall'inizio della produzione di Annamaria B (estate 2011). Sono rimasti più stabili nel tempo i valori medi dei tempi di emivita degli IPA estratti sui sedimenti dei controlli. Le eterogeneità del tempo di emivita nei sedimenti della piattaforma sono riconducibili per lo più alla tipologia e alle caratteristiche intrinseche del sedimento.

Rilascio e adsorbimento di metalli pesanti nei sedimenti - I risultati relativi all'estate 2012 tendono a confermare la scarsa capacità di adsorbimento da parte dei sedimenti esaminati, già evidenziata nel corso delle campagne precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c).

Infatti, l'alluminio, l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il piombo e il vanadio non sono stati adsorbiti dai sedimenti prelevati da tutte le stazioni inclusi i controlli e ad entrambe le condizioni di laboratorio. Anche in termini di rilascio è stata riscontrata una certa uniformità tra siti presenti nell'area circostante la piattaforma e controlli, in particolare per quanto concerne alluminio, cadmio, mercurio e vanadio ad entrambe le condizioni di laboratorio. Rispetto ai monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c) la capacità di rilascio di metalli pesanti ha mostrato una progressiva riduzione, sia per quanto riguarda il numero complessivo di metalli che presentavano questo effetto, sia per il numero di stazioni interessate.

Accumulo e degradazione di sostanze organostanniche nei sedimenti - Le valutazioni eseguite sui campioni relativi all'ultima campagna di studio (estate 2012) sulle capacità di adsorbimento/degradazione del TBT nei sedimenti prelevati presso la piattaforma Annamaria B confermano quanto era emerso precedentemente (Fabi *et al.*, 2014b; 2014c). In particolare, i dati sembrano confermare l'assenza di fenomeni di degradazione al buio a +4°C e un leggero incremento biodegradativo in condizioni di luce a +16°C. Inoltre, è stato confermato uno scarso adsorbimento da parte dei sedimenti senza particolari differenze tra l'area circostante Annamaria B e i controlli. Relativamente alla degradazione, tale fenomeno non sembra avvenire nei tempi sperimentali in condizioni di freddo e buio, mentre a 16°C e alla luce viene confermata l'ipotesi che possa avvenire un leggero fenomeno degradativo.

Ecotossicologia dei sedimenti – Come già evidenziato durante i monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2016), anche nel survey condotto nell'estate 2012 i saggi di tossicità impiegati hanno confermato, nel complesso, l'assenza di effetti tossici nei confronti della maggior parte degli indicatori ambientali che costituiscono la batteria, indicando che lo stato ecotossicologico dei sedimenti è rimasto in buona parte analogo a quello del pre-survey. Ciò vale sia nel caso dei test sul sedimento tal quale (*V. fischeri*) che sull'elutriato (*A. tonsa* e *D. tertiolecta*).

Un peggioramento è stato riscontrato in alcuni siti per *C. orientale*, in particolare in quelli a 60 m a NW e NE rispetto ad Annamaria B, in quello a 250 m a SE e in un controllo, dove sono state rilevate per la prima volta tossicità basse. Comunque, essendo coinvolta anche una stazione di controllo, non è possibile attribuire esclusivamente alla presenza della piattaforma tale cambiamento. Al contrario, è stato osservato un miglioramento per quanto

concerne il test con *C. gigas*, poiché per la prima volta dalla messa in opera della struttura non sono stati rilevati segnali di tossicità.

I risultati del test di bioaccumulo ottenuti nell'estate 2012 hanno confermato la riduzione della mobilità della maggior parte dei metalli in esame rispetto ai periodi di indagine precedenti (Fabi *et al.*, 2016). E' stato infatti registrato esclusivamente un bioaccumulo di zinco nel sito posto a 60 m a SW da Annamaria B.

Analisi di inquinanti in *Mytilus galloprovincialis* – L'applicazione della batteria di biomarkers nell'estate 2012 tende a evidenziare una modesta sindrome di stress negli organismi prelevati presso la piattaforma Annamaria B. Non sono state osservate alterazioni a livello metabolico, come evidenziato dai risultati della sopravvivenza all'aria. Al contrario, i test più sensibili condotti per evidenziare cambiamenti a livello cellulare e subcellulare negli organismi sentinella riportano diminuzioni di alcuni parametri tra cui la stabilità delle membrane lisosomiali (indice aspecifico di stress).

Scarso appare il rischio genotossico, con frequenze di micronuclei simili a quelle riscontrabili naturalmente su popolazioni di bivalvi prelevati in ambienti marino costieri poco impattati.

I livelli intracellulari di lipidi neutri appaiono omogeneamente distribuiti e tendono quindi ad escludere la presenza di effetto legato a molecole organiche come IPA e PCB. Al contrario, sia la sintesi di proteine metallo-chelanti (metallotioneine) sia l'accumulo di metalli pesanti nei tessuti dei bivalvi esaminati tende ad evidenziare un significativo seppur modesto effetto biologico nei mitili prelevati dalle parti sommerse della piattaforma correlabile alla presenza di elementi metallici nell'ambiente marino.

Limitato appare invece il livello di accumulo di inquinanti organici come anche la risposta biologica ad essi associata osservata nei mitili analizzati.

Analisi ultrastrutturali in *Mytilus galloprovincialis* – Le misure di spettroscopia FTIR hanno evidenziato, all'interno di un panorama di buona coerenza spettrale, alcune modeste differenze tra i controlli e i campioni raccolti lontano dall'anodo sacrificale. Le differenze osservate influenzano picchi secondari (a 1163 e a 1123 cm^{-1}), la cui interpretazione molecolare è piuttosto complessa, ma che comunque non sono associati direttamente alla presenza di metalli. I dati, in buon accordo con le indicazioni generali derivanti dalle analisi di microscopia ottica, sono compatibili più con un panorama di generico stress ambientale che con la presenza di specifici marcatori di uptake metallico.

I dati di screening eseguiti su scala macro/mesoscopica con microscopia ottica e raffinati dalle misure SEM hanno evidenziato effetti morfologici modesti e a carico di una frazione abbastanza modesta delle sezioni ricavate dagli animali cresciuti nei siti in studio.

Le alterazioni morfologiche osservate nell'estate 2012 non hanno mostrato una marcata preferenza in termini di sito (stesse frequenze osservate vicino e lontano l'anodo sacrificale), mentre si è notata una sostanziale prevalenza di effetti nelle ghiandole digestive rispetto alle gonadi. Gli approfondimenti morfologici fatti sulla nanoscala che derivano dalle analisi più raffinate basate sulle microscopie locali (SEM e AFM) hanno condotto ai risultati più interessanti di questo turno di campionamenti. Specificamente, le misure SEM hanno consentito l'osservazione di nanoparticelle, di verosimile composizione metallica, osservate in una gonade appartenente a un esemplare raccolto lontano dall'anodo sacrificale. L'osservazione del materiale nanostrutturato e la sua attribuzione come materiale esogeno è stata possibile raccogliendo le immagini SEM a diverse energie del pennello elettronico. In questo modo, al variare dell'energia del fascio elettronico incidente e in corrispondenza del diverso potere di *scattering* di elementi leggeri (materia biologica) e pesanti (nanoparticelle), è stata osservata una variazione del contrasto delle nanoparticelle che, sopra certe energie, non erano più osservabili. L'indagine AFM, a sua volta, ha evidenziato diversi elementi di interesse, a partire dal significativo arricchimento della descrizione delle sezioni arrivato dall'utilizzo simultaneo di immagini topografiche e, soprattutto, di lateral force.

Altra osservazione di interesse è che, considerando le immagini AFM delle sezioni della dimensione di qualche decina di micron, è stata osservata una sostanziale similitudine delle sezioni di controllo (sia di gonade che di epatopancreas) con quelle raccolte dagli esemplari cresciuti vicino e lontano l'anodo. Questo dato è in accordo con l'indicazione ottenuta dello screening ottico che ha indicato poche e lievi alterazioni del tessuto su una scala macro/mesoscopica.

D'altra parte, sulla scala più strettamente microscopica, lo studio AFM ha mostrato direttamente la presenza di nanoparticelle esogene in due sezioni di ghiandola digestiva, entrambe raccolte vicino l'anodo sacrificale. In uno dei due casi, in particolare, si è osservato per la prima volta un intero cluster di nanoparticelle che ha manifestato un forte contrasto in lateral force rispetto all'intorno biologico. Inoltre, utilizzando una procedura sperimentale basata sull'analisi delle curve di forza, è stata eseguita una mappa delle proprietà meccaniche del campione (modulo di Young) nella zona in cui è stato osservato il cluster di nanoparticelle. Questa mappatura ha evidenziato un dato di assoluto interesse

concettuale, ovvero la possibilità di discriminare la presenza delle nanoparticelle sulla base delle proprietà di durezza del campione, una circostanza che conforta ulteriormente l'attribuzione di origine esogena del cluster di particelle.

Sono stati eseguiti, infine, alcuni confronti dei dati relativi ad alterazioni morfologiche (sempre classificate come lievi) sulla scala macro/mesoscopica ottenuti nel presente campionamento con i risultati dei survey precedenti.

I dati hanno mostrato che i controlli sono sempre associati a bassissime frequenze di anomalie morfologiche mentre nei campioni raccolti vicino e lontano dall'anodo sacrificale, dove nei primi campionamenti si era osservata una discreta presenza di alterazioni, si nota chiaramente una forte tendenza alla riduzione di tali effetti morfologici al trascorrere del tempo.

Per quel che riguarda gli organi studiati è stato possibile apprezzare il fatto che, pur in un panorama in cui la frequenza di (lievi) alterazioni morfologiche diminuisce al trascorrere del tempo, l'organo più sensibile agli effetti ambientali è risultato quasi sempre la ghiandola digestiva. Alla medesima conclusione si è arrivati valutando nel corso dei 4 campionamenti effettuati gli effetti osservati su scala strettamente microscopica mediante microscopia AFM. Infatti, nella quasi totalità dei casi la presenza di nanoparticelle indicate come esogene è stata rilevata in ghiandole digestive.

In conclusione, le diverse tecniche applicate hanno fornito un quadro convergente in cui esiste un moderato stress ambientale accusato dai molluschi e che è riscontrabile nell'induzione di alcune modeste alterazioni morfologiche tissutali e modulazioni spettroscopiche all'infrarosso. In questo quadro di massima l'utilizzo della microscopia SEM e ancor più della microscopia AFM ha consentito di rivelare direttamente la presenza di materiali nanostrutturati di origine esogena nei tessuti. Tali materiali, per altro, appaiono presenti in quantità così ridotte da sfuggire a un'indagine spettroscopica che fosse condotta con una tecnica non locale.

Pertanto si può sostenere che l'approccio proposto, basato su mappatura ottica dei campioni e microscopie AFM e SEM congiuntamente a spettroscopia FTIR, è in grado di fornire un quadro di informazioni complementari capace di combinare un efficace approccio morfologico con informazioni di natura spettroscopica sensibili alla composizione chimica dei preparati.

Comunità bentonica – Nell'estate 2012 la maggior parte delle specie rinvenute in tutte le stazioni sono risultate tipiche di fondali limicoli o a granulometria mista (principalmente

policheti, crostacei e molluschi), confermando quanto già osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2016). Un discreto numero di taxa e individui è risultato indicatore della presenza di materia organica.

In quest'ultimo monitoraggio la comunità bentonica è apparsa particolarmente ricca in termini di numero di individui e di specie solo nei siti posti alle massime distanze dalla piattaforma e nei controlli, presentando dei decrementi entro un raggio di 30-60 m da Annamaria B.

In termini di Diversità specifica, analogamente a quanto riscontrato nei monitoraggi precedenti, gli andamenti dei transetti sono ancora apparsi irregolari e i valori per lo più inferiori a quelli dei controlli; tutte queste osservazioni indicano ancora la presenza di un popolamento in evoluzione. A conferma di ciò è anche la dominanza nella maggior parte dei siti del polichete *Ditrupa arietina*, rinvenuto per la prima volta in quantità decisamente esigue nell'estate 2009, ovvero durante l'installazione della piattaforma, ed esploso numericamente all'inizio della fase di produzione (estate 2010; Fabi *et al.*, 2016). Infatti, *D. arietina* appartiene alla Biocenosi dei fondi mobili instabili (Pèrés e Picard, 1964) ed è molto abbondante durante lo sviluppo di comunità di transizione che avviene a seguito di cambiamenti ambientali. Queste osservazioni concordano con quanto riportato per altre piattaforme offshore posizionate in alto Adriatico a profondità simili a quella di Annamaria B riguardo ai tempi di ripristino delle comunità bentoniche. In particolare, Manoukian *et al.* (2010) indicano due anni dall'installazione delle piattaforme Calipso e Clara Est come tempo necessario per il recupero delle comunità dalla defaunazione iniziale, fenomeno osservato anche nel caso di Annamaria B a partire dalle fasi di installazione (Fabi *et al.*, 2016).

Un altro aspetto da sottolineare è il rinvenimento di organismi tipici di substrato duro nei pressi della piattaforma, diventato più evidente a partire dall'estate 2011. Anche in questo caso si tratta di un fenomeno piuttosto comune presso le strutture offshore. E' infatti noto lo sviluppo di una comunità bentonica "mista", ovvero costituita sia da elementi tipici del fondale originario, sia caratteristici di substrati rocciosi, nelle immediate vicinanze delle piattaforme offshore dopo circa 2-3 anni dall'installazione, determinato dalla presenza di mitili caduti sul fondo dai piloni delle strutture o di altri organismi che vanno a costituire a loro volta un substrato idoneo per l'insediamento di specie altrimenti rare o assenti in quell'area (Spagnolo *et al.*, 2002; 2006; Trabucco *et al.*, 2006; 2008; Fabi *et al.*, 2007; Manoukian *et al.*, 2010).

La valutazione dello stato ecologico dell'ambiente effettuata integrando i dati derivati da tre differenti indici (indice W di Clarke, AMBI e BENTIX) ha evidenziato uno stato ecologico tra il buono e il buono-moderato eccetto a 30 m a SW in cui è stato trovato uno stato ecologico moderato, suggerendo variazioni non univoche nelle varie stazioni rispetto ai monitoraggi precedenti (Fabi et al., 2016). In ogni caso, si tratta di lievi cambiamenti nella scala dei tre indici.

Comunità ittica – I risultati dei survey effettuati nel biennio 2011-2012 presso la piattaforma Annamaria B sono risultati in accordo con quelli dei monitoraggi precedentemente condotti in Adriatico settentrionale presso altre strutture estrattive (Fabi et al., 2001; 2003; 2004a; 2004b; 2005a; 2006; 2010a; 2014a) e con alcuni studi condotti in altre aree (Stanley e Wilson, 1990; 1997; Schroeder et al., 1999; Love et al. 2000; Løkkerborg et al., 2002).

La piattaforma Annamaria B ha esercitato un'azione attrattiva sulla comunità ittica durante tutto il periodo in questione, soprattutto nei confronti di alcune specie necto-bentoniche parzialmente attratte dai substrati duri come *T. minutus capelanus*, *P. bogaraveo* e *P. erythrinus* e di specie pelagiche parzialmente attratte quali *Boops boops*, *T. mediterraneus*, *T. trachurus* e *S. japonicus*. Presso la piattaforma sono state catturate anche specie che presentano un'elevata affinità per i substrati duri quali i crostacei *P. elephas* e *H. gammarus* e i pesci bentonici *M. surmuletus*, *S. porcus*, *S. notata* e *S. scrofa*, i necto-bentonici *D. vulgaris*, *S. aurata*, *S. cantharus*, *D. dentex*, *D. labrax* e la specie pelagica *Sphyraena sphyraena*.

L'elevata concentrazione di tali organismi intorno al jacket potrebbe essere stata il risultato di vari fattori, come ad esempio il possibile effetto tigmotropico generato dai piloni sommersi, la maggiore disponibilità di cibo e la diminuzione del rischio di predazione nelle vicinanze della piattaforma rispetto al mare aperto (Bohnsack et al., 1991). Situazioni analoghe erano già state evidenziate presso le piattaforme Barbara NW, Calipso, Annalisa e Clara Est (Fabi et al., 2003; 2004a; 2006; 2010a), a profondità comprese tra 40 m e 75 m. Anche i rendimenti di pesca sia in numero che in peso sono risultati maggiori presso il sito di estrazione rispetto a quelli di riferimento.

Nello studio della comunità ittica nei due anni di analisi è stata riscontrata la presenza costante nell'intera zona di specie appartenenti ai Selaci, in particolare *M. aquila*, *R. clavata*, *S. canicola*, *S. stellaris*, *S. acanthias*, *T. marmorata* e *T. torpedo*.

L'indagine acustica mediante MultiBeam EchoSounder è stata condotta al fine di ottenere maggiori informazioni riguardo la distribuzione spaziale dei banchi di pesce intorno alla

piattaforma e di implementare i dati di cattura, soprattutto per le specie piccole e pelagiche che con le reti vengono censite in quantità minore rispetto alla reale abbondanza a causa della selettività dell'attrezzo utilizzato.

Infatti queste specie, che formano densi banchi, nell'arco della giornata compiono migrazioni verticali (Azzali 1980; Azzali *et al.*, 1983; Baltèza, 1985; Tudela e Palomera, 1997; Plounevez e Champalbert, 1999; 2000) e nelle ore diurne (durante le quali si effettuano i rilievi acustici) si trovano negli strati di acqua più profondi per sfuggire ai predatori e per trovare nutrimento (Pitchaer, 1986), mentre nelle ore notturne (durante le quali si svolgono i campionamenti di pesca) salgono in superficie. A tali considerazioni va aggiunto che in prossimità della piattaforma si rilevano aggregazioni di specie necto-bentoniche e bentoniche attratte che, come già detto, utilizzano la struttura come riparo da specie predatorie e come luogo dove trovare nutrimento. Poiché le indagini acustiche sono state svolte nelle ore diurne, si è riscontrata una maggiore concentrazione delle aggregazioni nei 10 m di acqua a partire dal fondo, ad eccezione dei survey condotti nei mesi di settembre e novembre in cui le profondità sono risultate decisamente minori (soprattutto in settembre quando si sono rilevati banchi anche molto superficiali, ad esempio il n. 26 rinvenuto a 22,42 m di profondità). Questa tendenza è evidente sia per i banchi vicini (0-300 m) ad Annamaria B, sia per quelli distanti (>300m).

Dalle considerazioni fatte finora, confrontando i risultati delle indagini acustiche con quelli delle catture effettuate nello stesso periodo e tramite la navigazione nell'ambiente tridimensionale ricostruito si sono potute addurre alcune conclusioni piuttosto attendibili.

I banchi distanti dalla piattaforma, come ad esempio i banchi n. 6 e 2 rilevati ad agosto a profondità più o meno elevate nella colonna d'acqua (25-50 m) e distanti dalla piattaforma rispettivamente 383 m e 1130 m, erano verosimilmente costituiti dalle specie pelagiche non attratte *E. encrasicolus* e/o *S. pilchardus*.

I banchi vicini alla piattaforma, come ad esempio il n. 12 di agosto (34,6 m), il 15 di settembre (183,3m) i n. 14-16-17 di ottobre (72,0 m, 74,1 m e 238,4 m), rilevati a varie profondità e che presentavano altezze notevoli (3,14 m, 5,67 m, 3,27 m, 8,71 m e 9,59 m) erano presumibilmente costituiti da un mix di specie parzialmente attratte tra cui alcune pelagiche (*B. boops*, *S. maena*, *T. mediterraneus* e *T. trachurus*) e altre necto-bentoniche (*P. bogaraveo*, *P. erythrinus*, *T. minutus*).

I banchi esterni, presenti cioè ai limiti della zona indagata, come i n. 1, 2, 5, 13 relativi al mese di agosto e i n. 5, 6, 7, 8 rilevati a settembre, erano probabilmente composti da specie pelagiche non attratte (es.: *S. pilchardus* ed *E. Encrasicolus*). Sembrano invece appartenere

a specie necto-bentoniche parzialmente attratte le aggregazioni osservate in prossimità della piattaforma e vicine al fondale, quali *P. bogaraveo*, *P. erythrinus* e *T. minutus capelanus* (banchi n. 4-5-8-12-16 di ottobre e n. 7-10, 14-16 di dicembre).

Tramite la navigazione nell'ambiente tridimensionale riprodotto, si sono potute ottenere informazioni su alcune aggregazioni di forma molto allungata e morfologia sfilacciata individuate sul fondale durante i survey di agosto (banco n. 7), ottobre (banchi n. 7 e 19), novembre (n. 40-43) e dicembre (banchi n. 7-14). Gli individui che componevano tali raggruppamenti, considerata la conformazione dei banchi e le caratteristiche metriche rilevate, sono attribuibili alle specie *B. boops*, *T. trachurus* e *S. Maena*.

5. BIBLIOGRAFIA

- Aebi H. 1974. Catalase. Pagg. 671-684, in: Bergmeyer H.U. (Ed.), *Methods on enzymatic analysis*. Academic Press, London.
- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24(1) sèr. B: 209-222.
- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austr. Ecol.*, 26: 32–46.
- Artegiani A. 1996. *Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols*. MAST II Mediterranean Targeted Project. 34 pp.
- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment-associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA: 1072-1121.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalghe*. ASTM E1218-04-E1. 14 pp.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724-98. 21 pp.
- Augier H. 1992. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthique de la Méditerranée*. Conseil de l'Europe. U.E.R. Des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Luminy Marseille. 59 pp.
- Azzali M. 1980. Summary of the results of the research project "Evaluation of pelagic resources using electroacoustic instruments" from 1975 to 1980. *FAO Fish Rep.*, 239: 33-42.
- Azzali M., Cosimi G., Luna M. 1983. Some applications and preliminary results of acoustic methods in monitoring resources in the north and middle Adriatic sea. *FAO Fish Rep.*, 290: 201-215.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Baltëza B. 1985. On the structural characteristics of sardine schools (*Sardina pilchardus* Walb.) along the Albanian coast in the winter period. *FAO Fish Rep.*, 342: 161-163.
- Banni M., Dondero F., Jebali J., Guerbej H., Boussetta H., Viarengo A. 2007. Assessment of heavy metal contamination using real-time PCR analysis of mussel metallothionein mt10 and mt20 expression: a validation along the Tunisian coast. *Biomarkers*, 12(4): 369-383.
- Bellan Santini D., Ledoyer M. 1972. Inventaire des amphipodes gammariens récoltés dans la Région de Marseille. *Tethys*, 4(4): 899-934.
- Bellan G., Bellan Santini D., Picard J. 1980. Mise en évidence de modèles eco-biologiques dans des zones soumises à perturbations par matières organiques. *Oceanol. Acta*, 3: 383-390.
- Bettencourt A., Bricker S.B., Ferriera J.G., Franco A., Marques J.C., Melo J.J., Nobre A., Ramos L., Reis C.S., Salas F., Silva M.C., Simas T., Wolff W. 2004. *Typology and reference conditions for Portuguese transitional and coastal waters*. Instituto da Agua. Instituto do Mar, Lisbon.
- Bianchi C.N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F., Morri C. 1993. Benthos dei mari toscani. I: Livorno – Isola d'Elba (Crociera ENEA 1985). *ENEA Arcipelago Toscano – Serie Studi Ambientali*: 263-291.
- Bocchetti R., Regoli F. 2006. Seasonal variability of oxidative biomarkers, lysosomal parameters, metallothioneins and peroxisomal enzymes in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* from Adriatic Sea. *Chemosphere*, 65(6): 913-921.
- 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.
- Bolognesi C., Fenzilli G., Lasagna C., Perrone E., Roggeri P. 2004. Genotoxicity biomarkers in *Mytilus galloprovincialis* wild versus caged mussels. *Mut. Res.*, 552: 153-162.
- Bolognesi C., Rabboni R., Roggeri P. 1996. Genotoxicity biomarkers in *M. galloprovincialis* as indicators of marine pollutants. *Comp. Biochem. Physiol.*, 113C(2): 319-323.
- 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. Poll. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.
- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72(1-2): 248-254.
- Brunetti R., Gabriele M., Valerio P., Fumagalli O. 1992. The micronucleus test: temporal pattern of base-line frequency in *Mytilus galloprovincialis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 83: 75-78.
- Buchner T., Oescheger D.A., Theede H. 1996. Aspects of antioxidant status in the polychaete *Arenicola marina*: tissue and sub cellular distribution and reaction to environmental hydrogen peroxide and elevated temperatures. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 143: 141-150.
- Carro N., Cobas J., Maneiro J. 2006. Distribution of aliphatic compounds in bivalve mollusks from Galicia after the Prestige oil spill: Spatial and temporal trends. *Environ. Res.*, 100(3): 339-348.
- Chimenz Gusso C., Gravina M.F., Maggiore F.R. 2001. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 175-182.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24(2): 133-140.
- Dailianis S., Domouhtsidou G.P., Raftopoulou E., Kaloyianni M., Dimitriandis V.K. 2003. Evaluation of neutral red retention assay, micronucleus test, acetylcholinesterase activity and signal transduction molecule (cAMP) in tissues of *Mytilus galloprovincialis* (L.), in pollution monitoring. *Mar. Environ. Res.*, 56: 443-470.
- de Zwaan A., de Kock W.C. 1988. The development of a general biochemical stress index. *Mar. Environ. Res.*, 24: 254-255.
- de Zwaan A., Wijsman T.M.C. 1976. Anaerobic metabolism in bivalvia (Mollusca). Characteristics of anaerobic metabolism. *Comp. Biochem. Physiol.*, 54B: 313-323.
- DM 56/2009. *Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo"*.
- DM 260/2010. *Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152,*

recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”.

- DM 172/2015. *Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore delle acque.*
- 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.
- Donnini F., Dinelli E., Sangiorgi F., Fabbri E. 2007. A biological and geochemical integrated approach to assess the environmental quality of a coastal lagoon (Ravenna, Italy). *Env. Int.*, 33(7): 919-928.
- EC. 2003. *Towards a guidance on establishment of the intercalibration network and the processes on the intercalibration exercise.* CIS Working Group 2.5 (Intercalibration), Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission. 54 pp.
- Eertman R.H.M., de Zwann A. 1994. Survival of the fittest: resistance of mussels to aerial exposure. Pagg. 269-284, in: Kramer (Ed.), *Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries*. CRC Press, Boca Raton.
- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests*. EPA/600/R-93/183. 246 pp.
- EPA. 2007a. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. EPA METHOD 7473. 15 pp.
- EPA. 2007b. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. EPA METHOD 7010. 24 pp.
- EPA. 2007c. *Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry*. EPA METHOD 6010C. 34 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Regina. III anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228+XLIX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Panfili M. 2002. *Servizi di monitoraggio ambientale Calpurnia. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2000–2001)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 65+IX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 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., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.

- Fabi, G., Da Ros, L., De Biasi, A.M., Manoukian, S., Nasci, C., Puletti, M., Punzo, E., Spagnolo, A., 2007. Environmental impact of gas platforms in the Northern Adriatic Sea: a case study. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 38: 471.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di 3 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., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di 3 anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 235 + XXXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Girasole M., Gomiero G., Penna P., Spagnolo A. 2014a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto finale dal pre-survey al IV anno dopo la posa in opera (2004-2009). Misure correntometriche, Indagini sedimentologiche, ecotossicologiche e Analisi di inquinanti in organismi marini*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 213 + xlviii pp.
- Fabi G., Bolognini L., Bruno S., De Ranieri S., Girasole M., Gomiero A., Malaspina S., Nasci C., Spagnolo A. 2014b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. I anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto Finale (estate 2010 - inverno 2011)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 308 + LXXXVIII pp.
- Fabi G., Bolognini L., Bruno S., De Ranieri S., Girasole M., Gomiero A., Malaspina S., Nasci C., Spagnolo A. 2014c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. II anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto semestrale (estate 2011)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 268 + LVII pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., Bolognini L., Campanelli A., De Biasi A.M., Girasole M., Gomiero A., Malaspina S., Spagnolo A. 2016. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. II anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto finale (estate 2011 - inverno 2012)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 271 + CV pp.
- Fattorini D., Notti A., Di Mento R., Cicero A.M., Gabellini M., Russo A. Regoli F. 2008 Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from the Adriatic sea: a regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of off-shore activities, *Chemosphere*, 72: 1524–1533.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés*. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organizations. Rome, FAO. 760 pp.
- Gomiero A., Da Ros L., Meneghetti F., Nasci C., Spagnolo A., Fabi G. 2011. Integrated use of biomarkers un mussels *Mytilus galloprovincialis* for assessing off-shore gas platforms in the Adriatic Sea: results of a two-year biomonitoring program. *Mar. Poll. Bull.*, 62(11): 2483-2495.
- 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.

- Heddle J.A., Cimino M.C., Hayashi M., Romagna F., Shelby M.D., Tucker J.D., Vanparrys P., McGregor J.T. 1991. Micronuclei as an index of cytogenetic damage: past, present and future. *Environ. Molec. Mutag.*, 18: 277-291.
- Higuchi R., Fockler C., Dollinger G., Watson R. 1993. Kinetic PCR analysis: real-time monitoring of DNA amplification reactions. *Biotechnology (NY)*, 11 (9): 1026-1030.
- ICRAM. 2001. *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)*.
- ICRAM-APAT. 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*. 72 pp.
- ISO. 2005. *Water quality - Determination of acute toxicity of marine or estuarine sediment to amphipods*. ISO 16712:2005(E). 15 pp.
- Kusk K.O., Wollenberger L. 1999. Fully defined saltwater medium for cultivation of and toxicity testing with the marine copepod *Acartia tonsa*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 18: 1564-1567.
- Kusk K.O., Wollenberger L. 2007. Towards an internationally harmonized test method for reproductive and developmental effects of endocrine disrupters in marine copepods. *Ecotoxicology*, 16: 183-195.
- Lima I., Moreira S. M., Rendón-Von Osten J., Soares A.M.V.M., Guilhermino L. 2007. Biochemical responses of the marine mussel *Mytilus galloprovincialis* to petrochemical environmental contamination along the north-western coast of Portugal. *Chemosphere*, 66(7): 1230-1242.
- Lindman H.R. 1992. *Analysis of variance in experimental design*. Springer-Verlag Eds., New York. 531 pp.
- Livak J., Schmittgen T.D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$. *Methods*, 25: 402-408.
- Livingstone D.R. 1991. Organic xenobiotic metabolism in marine invertebrates. *Adv. Comp. Envir. Phys.*, 7: 45-185.
- Løkkeborg S., Humborstad O. B., Jorgensen T., Soldal A.V. 2002. Spatio-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platform. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 294-299.
- Losso C., Picone M., Arizzi Novelli A., Delaney E., Ghetti P.F., Volpi Ghirardini A. 2007. Developing toxicity scores for embryotoxicity tests on elutriates with the sea urchin *Paracentrotus lividus*, the oyster *Crassostrea gigas* and the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53: 220-226.
- Love, M.S., Caselle J., Snook L. 2000. Fish assemblages around seven oil platforms in the Santa Barbara Channel area. *Fish. Bull.*, 98: 96-117.
- Lowe D.M., Fossato V.U., Depledge M.H. 1995. Contaminant-induced lysosomal membrane damage in blood cells of mussels *Mytilus galloprovincialis* from the Venice Lagoon: an in vitro study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 129: 189-196.
- Lucas A., Beninger P.G. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 44: 187-200.
- 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. Env. Res.*, 70(5): 402-410.
- 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.
- Mersch J., Beauvais M.N., Nagel P. 1996. Induction of micronuclei in haemocytes and gill cells of zebra mussels, *Dreissena polymorpha*, exposed to clastogens. *Mut. Res.*, 371: 47-55.
- Michael X.R., Cassand P.M., Ribera D. G. Narbonne J. F. 1992. Metabolism and mutagenic activation of benzo(a)pyrene by subcellular fractions from mussel (*Mytilus galloprovincialis*) digestive gland

- and sea bass (*Discentrarcus labrax*) liver. *Comp. Biochem. Physiol.*, 103C(1): 43-51.
- Moore M.N. 1990. Lysosomal cytochemistry in marine environmental monitoring. *Histochemistry*, 22: 187-191.
- Muxica I., Borja A., Bonne W. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, 5: 19-31.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.*, 55: 13-29.
- Nodot C., Bourcier M., Juedy De Grissac A., Hursner S., Regis J., Tine J. 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). 2. La Grande Rade. *Tethys*, 11: 141-153.
- Okumus I., Stirling H.P. 1998. Seasonal variations in the meat weight, Condition Index and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis* L.) in suspended culture in two Scottish sea lochs. *Aquaculture*, 159(3-4): 249-261.
- Onorati F., 1999. Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida. La normalizzazione pelitica. *Acqua&Aria*: 83-89.
- Onorati F., Bandini F., Brilli L., Bellaria V., Castiglioni S., Celetti A.M., Comin S., Di Gioia E., Fabbri S., Facchini L., Ferrara M., Guerra R., Leoni T., Lo Re R., Manzo S., Martini P., Mascilongo G., Meloni P., Meineri V., Milani S., Molina M., Rossi E., Ruggiero G., Sanguinetti M.S., Tamberlich F., Traldi D., Trichilo S. 2007. Interconfronto nazionale sul test di inibizione della bioluminescenza mediante *Vibrio fischeri*. *Biol. Mar. Medit.*, 14(1): 87-91.
- Ottaviani E., Franceschini C. 1997. The invertebrate phagocytic immunocyte: clues to a common evolution of immune and neuroendocrine system. *Immunology Today*, 18: 169-174.
- Pampanin D.M., Camus L., Gomiero A., Marangon I., Volpato E., Nasci C. 2005. Susceptibility to oxidative stress of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in the Venice Lagoon (Italy). *Mar. Poll. Bull.*, 50: 1548-1557.
- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Petrovic S., Semencic L., Ozetic B., Orzetic M. 2004. Seasonal variations of physiological and cellular biomarkers and their use in the biomonitoring of north Adriatic coastal waters (Croatia). *Mar. Poll. Bull.*, 49(9-10): 713-720.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Picone M. 2006. *Using a set of bioassays for monitoring sediment quality in the Lagoon of Venice*. Ph.D. thesis, Ca' Foscari University of Venice. 197 pp.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York. 424 pp.
- Pitcher T.J. 1986. Functions of shoaling behaviour in teleosts. Pagg. 294-337, in: Pitcher T.J. (Ed.) *The behaviour of teleost fishes*. John Hopkins Press, Baltimore.
- Plounevez S., Champalbert G. 1999. Feeding behaviour and trophic environment of *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Bay of Biscay. *Estuar Coast Shelf Sci.*, 49: 177-191.
- Plounevez S., Champalbert G. 2000. Diet, feeding behaviour and trophic activity of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Gulf of Lions (Mediterranean Sea). *Oceanol Acta*, 23: 175-192.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogaster, Gastropoda)*. Vol. 1. Pubbl. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*.

- Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Porte C., Solè M., Albaiges J., Livingstone D.R. 1991. Responses of mixed-function oxygenase and antioxidant enzymes system of *Mytilus* sp. to organic pollution. *Comp. Biochem. Physiol.*, 100: 138-186.
- Regoli F., Principato G.B., Bertoli E., Nigro M., Orlando E. 1997. Biochemical characterization of the antioxidant system in the scallop *Adamussium colbecki*, a sentinel organism for monitoring the Antarctic environment. *Polar Biol.*, 17: 251-258.
- Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.
- Salen-Picard C. 1985. Indicateurs biologiques et sédimentation en milieu circalitoral Méditerranéen. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29: 5.
- Schroeder D. M., Ammann J. A., Harding, L. A., MacDonald W., Golden. T. 1999. Relative habitat value of oil and gas production platforms and natural reefs to shallow water fish assemblages in the Santa Maria Basin and Santa Barbara Channel, California. *Proc. Fifth Calif. Islands Symp.*: 493-498.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- Simboura N., Panayitodus P., Papathanassiou E. 2005. A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean Ecoregion: the case of Saronikos Gulf. *Ecol. Ind.*, 5: 253-266.
- Sjölin A.M., Livingstone D.R. 1997. Redox cycling of aromatic hydrocarbon quinones catalysed by digestive gland microsomes of the common mussel (*Mytilus edulis* L.). *Aquat. Toxic.*, 38: 83-99.
- Spagnolo, A., Panfili, M., Giampieri, A., Spegne, R., Trovatelli, L., 2002. Cambiamenti indotti sulla comunità bentonica di fondo mobile da una piattaforma estrattiva offshore (Adriatico settentrionale). *Biol. Mar. Medit.*, 9: 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: 60-61.
- 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. Aquatic Sci.*, 54: 1166-1176.
- Stopper H., Müller S.O. 1997. Micronuclei as biological endpoint for genotoxicity: a minireview. *Toxicology in vitro*, 11: 661-667.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Bulletin (Fisheries Research Board of Canada) no. 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.
- Terman A., Brunk U.T. 2004. Lipofuscin. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, 36(8): 1400-1404.
- 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.
- Tudela S., Palomera I. 1997. Trophic ecology of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Catalan Sea (northwest Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 160:121-134.
- UNI EN ISO. 2000. *Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Skeletonema costatum e Phaeodactylum tricorutum*. UNI EN ISO 10253:2000. 14 pp.
- UNESCO. 1983. *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*. Tech. Pap. Mar. Sci., 44. 53 pp.
- UNESCO. 1988. *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data*. Tech. Pap. Mar. Sci., 54. 59 pp.
- USEPA. 1991. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms -Section 14- Green alga Selenastrum capricornutum growth test - Method 1003.0*. EPA/600/4-91/002. 334 pp.
- USEPA. 1995. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluent and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms*. EPA/600/R-95/136. 15 pp.
- Viarengo A., Canesi L. 1991. Mussels as biological indicators of pollution. *Aquaculture*, 94(2-3): 225-243.
- Viarengo A., Canesi L., Pertica M., Marcinelli G., Accomando R., Smaal A.C., Orunesu M. 1995. Stress on stress response: a simple monitoring tool in the assessment of a general stress syndrome in mussels. *Mar. Environ. Res.*, 39: 245-248.
- Viarengo A., Lowe D., Bolognesi C., Fabbri E., Koehler A. 2007. The use of biomarkers in biomonitoring: a 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comp. Biochem. Physiol.*, 146C: 281-300.
- Walne P.R. 1976. Experiments on the culture in the sea of the Butterfish *Venerupis decussata* L. *Aquaculture*, 8: 371-381.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (eds). 1986. Fishes of the North-Eastern Atlantic and Mediterranean. UNESCO, Voll. 1-2-3. 1473 pp.
- Winkler L.W. 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelosten Sauerstoffes. *Chem. Ber.*, 21: 2843-2855.
- Wright S.W., Jeffrey S.W., Mantoura R.F.C., Llewellyn C.A., Bjornland T., Repeta D., Welschmeyer N. 1991. Improved HPLC method for the analysis of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 77: 183-196.
- Zar J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 663 pp.
- Zenetos A., Chadjianestis I., Lantzoumi M., Simboura M., Sklivagou E., Arvanitakis G. 2004a. The Eurobulker oil spill: mid-term changes of some ecosystem indicators. *Mar. Poll. Bull.*, 48: 12-131.
- Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004b. The use of BENTIX in Assessing Ecological Quality of coastal waters across the Mediterranean. Proceedings of an international workshop on the promotion and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems. Intergovernmental Oceanographic Commission. Workshop Report n. 195: 19-22.

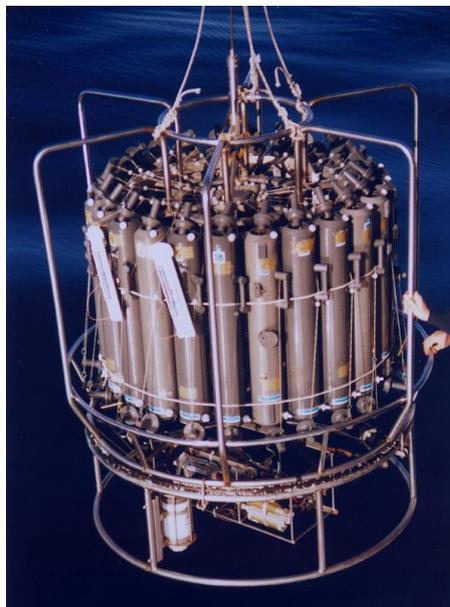
ALLEGATO A

SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

UTILIZZATA NELLE INDAGINI

INDAGINI IDROLOGICHE

A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



CTD: Sea Bird Electronics SBE911plus (frequenza di campionamento 24 Hz) dotato dei seguenti sensori:

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura
Temperatura	Sea Bird Electronics	SBE 3	$\pm 0,002$ °C	-5 : +35°C
Conducibilità	Sea Bird Electronics	SBE 4	$\pm 0,0003$ S m ⁻¹	0 : 7 S m ⁻¹
Pompa	Sea Bird Electronics	SBE 5	---	9 : 18 VDC
Ossigeno	Sea Bird Electronics	SBE 43	$\pm 0,1$ ml L ⁻¹	0 : 15 ml L ⁻¹
Fluorimetro	Turner Designs	SCUFA	$\pm 0,01$ µg L ⁻¹	0,02 : 100 µg L ⁻¹
Torbidimetro	Turner Designs	SCUFA	$\pm 0,01$ NTU	0,05 : 100 NTU
Back-scattering	Seapoint Turbidity Meter	Seapoint Turbidity Meter	< 5cm (approx.)	2 : 750 FTU
Altimetro	Datasonics	PSA-900	$\pm 0,75$ cm	0 : 300 m

A1-II ADCP Teledyne RDI modello WH Sentinel a 600 kHz

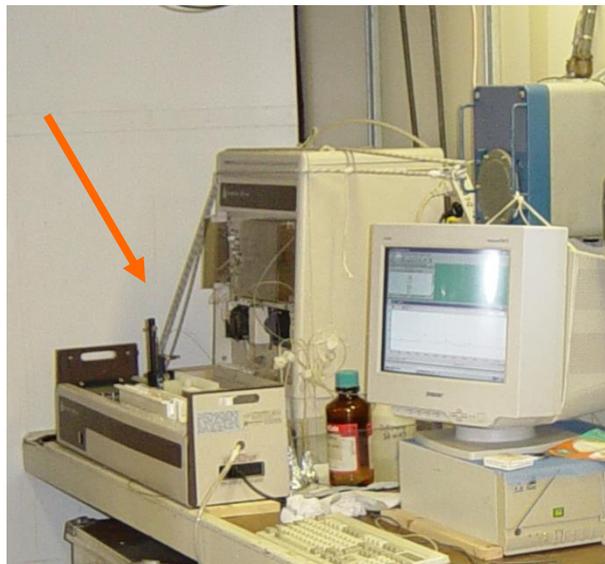


Self-Contained 1200, 600, 300 kHz ADCP

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Water Profiling	Depth Cell Size ¹	Typical Range ² 12m 1200kHz		Typical Range ² 50m 600kHz		Typical Range ² 110m 300kHz	
		Range ²	Std. Dev. ⁴	Range ²	Std. Dev. ⁴	Range ²	Std. Dev. ⁴
	Vertical Resolution	11m	14.0cm/s				
	0.25m	12m	7.0cm/s	38m	14.0cm/s	see note 1	
	0.5m	13m	3.6cm/s	42m	7.0cm/s	83m	14.0cm/s
	1m	15m ²	1.8cm/s	46m	3.6cm/s	93m	7.0cm/s
	2m	see note ¹		51m ²	1.8cm/s	103m	3.6cm/s
	4m					116m ²	1.8cm/s
	8m						
Long Range Mode	2m	19m	3.4m/s				
	4m			66m	3.6cm/s		
	8m					154m	3.7cm/s
Profile Parameters	Velocity accuracy	0.3% of the water velocity relative to ADCP ±0.3cm/s		0.3% of the water velocity relative to ADCP ±0.3cm/s		0.5% of the water velocity relative to ADCP ±0.5cm/s	
	Velocity resolution	0.1cm/s		0.1cm/s		0.1cm/s	
	Velocity range:	±5m/s (default) ±20m/s (max)		±5m/s (default) ±20m/s (max)		±5m/s (default) ±20m/s (ma	
	Number of depth cells	1–255		1–255		1–255	
	Ping rate	Up to 10Hz		Up to 10Hz		Up to 10Hz	
Echo Intensity Profile	Vertical resolution	Depth cell size, user configurable					
	Dynamic range	80dB					
	Precision	±1.5dB					
Transducer and Hardware	Beam angle	20°					
	Configuration	4-beam, convex					
	Internal memory	Two PCMCIA card slots; one memory card included					
	Communications	RS-232 or RS-422; ASCII or binary output at 1200-115,200 baud					
Power	DC input	20–50VDC					
	Number of batteries	1 internal battery pack					
	Internal battery voltage	42VDC (new) 28VDC (depleted)					
	Battery capacity @ 0°C	450 watt hrs					
Standard Sensors	Temperature (mounted on transducer)	Range -5° to 45°C, Precision ±0.4°C, Resolution 0.01°					
	Tilt	Range ±15°, Accuracy ±0.5°, Precision ±0.5°, Resolution 0.01°					
	Compass (fluxgate type, includes built-in field calibration feature)	Accuracy ±2° ⁵ , Precision ±0.5° ⁵ , Resolution 0.01°, Maximum tilt ±15°					
Environmental	Standard depth rating	200m; optional to 500m, 1000m, 6000m					
	Operating temperature	-5° to 45°C					
	Storage temperature (without batteries)	-30° to 60°C					
	Weight in air	13.0kg					
	Weight in water	4.5kg					
Software	TRDI's Windows™-based software included: WinSC—Data Acquisition System; WinADCP—Data Display and Export						
Available Options	<ul style="list-style-type: none"> • Memory: 2 PCMCIA slots, total 4GB • Pressure sensor • External battery case • High-resolution water-profiling modes • Bottom tracking or surface referencing track • AC/DC power converter, 48VDC output • Pressure cases for depths up to 6000m • Directional Wave Array • Acoustic Modem • Inductive Modem • Velocity for advanced post processing 						

A1-III AUTOANALYSER TRAACS per l'analisi dei sali nutritivi



Strumento	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
TRAACS (nitrati)	BRAN + LUEBBE	TRAACS 800	$0,27 \mu\text{M l}^{-1}$	$0 : 40 \mu\text{M l}^{-1}$	giornaliera
TRAACS (nitriti)	BRAN + LUEBBE	TRAACS 800	$0,27 \mu\text{M l}^{-1}$	$0 : 40 \mu\text{M l}^{-1}$	giornaliera
TRAACS (fosfati)	BRAN + LUEBBE	TRAACS 800	$0,18 \mu\text{g l}^{-1}$	$0 : 496 \mu\text{g l}^{-1}$	giornaliera
TRAACS (silicati)	BRAN + LUEBBE	TRAACS 800	$0,25 \mu\text{g l}^{-1}$	$0 : 16 \mu\text{g l}^{-1}$	giornaliera
TRAACS (ammonio)	BRAN + LUEBBE	TRAACS 800	$0,12 \mu\text{M l}^{-1}$	$0 : 40 \mu\text{M l}^{-1}$	giornaliera

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



Strumento	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
Tritino	METROHM	Titrimo 702 SET/MET	0,03 ml l ⁻¹	2 : 6 ml l ⁻¹	giornaliera

A1-IV HPLC per l'analisi dei pigmenti



Strumento	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
HPLC	DIONEX	Pompa GP50 Detector PDA100 Colonna C ₁₈ (RF)	0,03 ml l ⁻¹	2 : 6 ml l ⁻¹	giornaliera

A2

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

A2-I BOX-CORER per il prelievo dei campioni



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

A2-II BILANCIA ELETTRONICA



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

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

A2-III STUFA TERMOSTATA “HIGH PERFORMANCE”



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

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

A2-IV SETACCI



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

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

A2-V DENSIMETRO



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

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

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



Il controllo interno della taratura dello strumento viene effettuato preliminarmente all'avvio di ogni indagine commissionata. Il controllo esterno e l'eventuale taratura ordinaria sono condotti annualmente da un Tecnico incaricato dalla Ditta costruttrice, quando il controllo interno risulta sfavorevole. L'ultimo controllo ordinario da parte di un Tecnico Perkin Elmer è avvenuto nel giugno 2004.

QUANTIFICAZIONE DEI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI

Prima dell'analisi di ogni metallo viene eseguita una retta di calibrazione (ottenuta per diluizioni successive), idonea alle concentrazioni dei campioni da determinare, mediante l'impiego di soluzioni standard mono o multielemento a concentrazione nota.

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

A2-VII DMA 80 per la misurazione del MERCURIO



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

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

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



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



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

A2-X GAS CROMATOGRAFO GC-MS per la quantificazione delle SOSTANZE ORGANOSTANNICHE

Colonna capillare lunga 20 m e diametro interno di 0,18 mm, con una fase legata di spessore pari a 0,18 μm (DB-5MSUI).

Il rivelatore è uno spettrometro di massa, la rivelazione degli analiti viene effettuata mediante monitoraggio a singolo ione (SIM). L'analisi quantitativa viene eseguita con il metodo della curva di calibrazione nell'intervallo di linearità della risposta. Per ogni composto le curve di calibrazione sono costruite riportando sulle ascisse la concentrazione delle soluzioni standard, impiegate per costruire le stesse curve, e sulle ordinate l'area del picco cromatografico del composto.

1 – Me



A3

INDAGINI SULLA COMUNITA' BENTONICA

A3-I BENNA VAN VEEN



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

A3-II SETACCIO



Materiale	Lato maglia (mm)
Acciaio inox	0,5

A3-III MICROSCOPIO STEREO ZEISS STEMI 2000-C



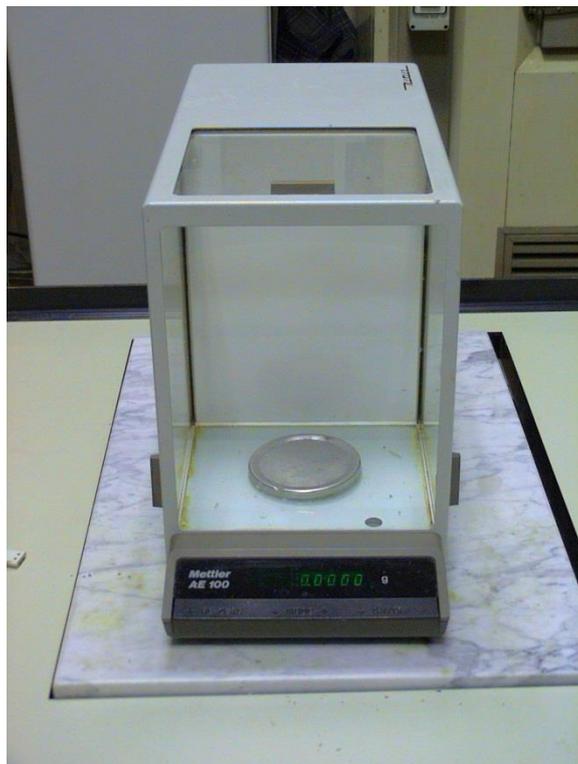
Range dello zoom: 0,65x...5,0x.

A3-IV MICROSCOPIO OTTICO ZEISS AXIOLAB



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

A3-V BILANCIA ANALITICA

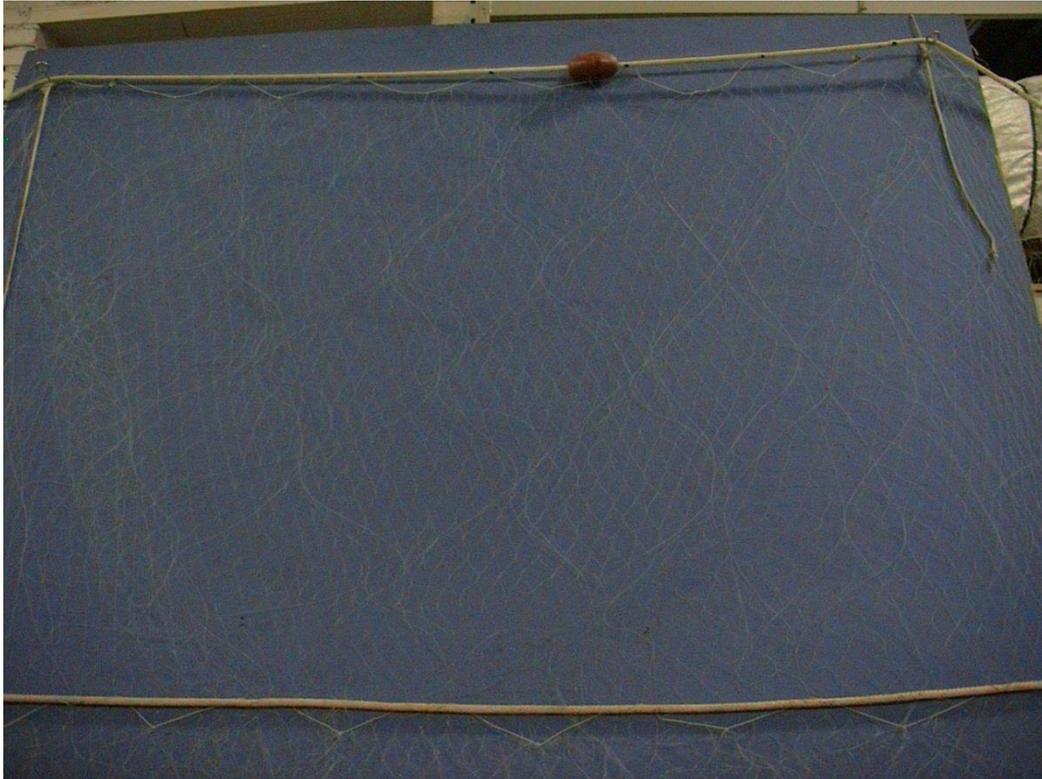


Strumento	Costruttore	Modello	Sensibilità	Capacità
Bilancia elettronica	Mettler	AE 100	$\pm 0,1$ mg	162 g

A4

INDAGINI SULLA COMUNITA' ITTICA

A4-I RETE TREMAGLIO



Lunghezza totale: 500 m

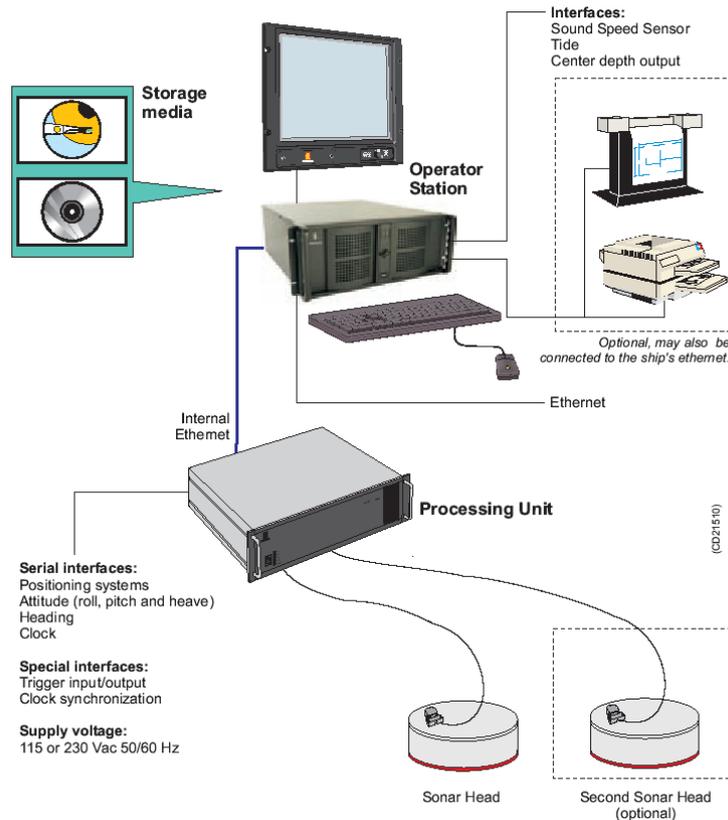
	Pannello interno	Pannello esterno
materiale	Monofilamento di poliammide	Monofilamento di poliammide
altezza (m)	6	3
apertura maglia stirata (mm)	72	400
diámetro filo (mm)	0,18	0,30
rapporto di armamento	0,35	0,50

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

A4-II MULTIBEAM ECHOSOUNDER KONGSBERG EM 3002

Features

The EM 3002 system uses frequencies in the 300 kHz band. This is an ideal frequency for shallow water applications, as the high frequency ensures narrow beams with small physical dimensions. At the same time, 300 kHz secures a high maximum range capability and robustness under conditions with high contents of



particles in the water.

EM 3002 uses a powerful sonar processor unit in combination with 1 or 2 compact sonar heads. The high computing power of the EM 3002 sonar processor makes it possible to apply sophisticated and exact signal processing algorithms for beamforming, beam stabilisation, and bottom detection. In High Density processing mode the system has close to uniform acoustic footprints and resolution over the whole swath width, and therefore a much improved capability to detect objects and other details on the bottom.

EM 3002 will in addition to bathymetric soundings, produce an acoustic image of the seabed. The image is obtained by combining the acoustic return signals inside each beam, thus improving signal to noise ratio considerably, as well as eliminating several artifacts related to conventional sidescan sonars. The acoustic image is compensated for the transmission source level, receiver sensitivity and signal attenuation in the water column, so that reliable bottom backscatter levels in dB are obtained. The image is also compensated for acoustic ray bending, and thus

completely geo-referenced, so that preparation of a sonar mosaic for a survey area based upon data from several survey lines is easy. Objects observed on the seabed image are correctly located and their positions can be readily derived.

Technical specifications

Operational specifications

Frequencies..... 293, 300, 307 kHz
Number of soundings per ping:
Single sonar head.....Max 254
Maximum ping rate.....40 Hz
Maximum angular coverage:
Single sonar head.....130 degrees
Pitch stabilisation.....Yes
Roll stabilisation.....Yes
Heave compensation.....Yes
Pulse length.....150 μ s
Range sampling rate.....14, 14.3, 14.6 kHz
Depth resolution.....1 cm
Transducer geometry.....Mills cross
Beam spacing.....Equidistant or equiangular

Beamforming:

- Time delay with shading
- Dynamically focused receive beams

Seabed image data

- Composed from beamformed signal amplitudes
- Range resolution 5 cm.
- Compensated for source level and receiver sensitivity, as well as attenuation and spherical spreading in the water column.
- Amplitude resolution: 0.5 dB.

External sensors

- Position
- Heading
- Motion sensor (Pitch, roll and heave)
- Sound velocity profile
- Sound velocity at transducer.
- Clock synchronisation (1 PPS)

Environmental and EMC specifications

The system meets all requirements of the IACS E10 specification. The Operator Station, LCD monitor and Processing Unit are all IP22 rated.

A5

ACCUMULO E DEGRADAZIONE DEGLI IPA NEI SEDIMENTI

A5-I HPLC



Strumento	Costruttore	Modello	Accuratezza Fluorimetro	Intervallo di misura	Calibrazione
HPLC ULTIMATE 30000	DIONEX	Pompa HPC Detector fluorimetro RF-2000 Colonna C ₁₆ (RF)	± 2,0 nm	200 - 650 nm	giornaliera

A6

RILASCIO E ADSORBIMENTO DI METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI

A6-I OPTIMA 7300 V ICP-OES



Spettrofotometro ad emissione atomica al plasma ad accoppiamento induttivo (ICP) e lettura sequenziale. Generatore multifrequenze nel range 750-1500 W Il sistema di raccolta della radiazione emessa dal plasma è di tipo assiale e radiale. Banda di analisi: 163-782 nm. Gas flusso principale e secondario: Argon gas ultrapuro (flusso 0-20 l/min). Gas stabilizzazione spettrofotometro: Azoto ultrapuro (flusso: 5 l/min).

A6-II AUTOCAMPIONATORE PERKIN ELMER S10



Autocampionatore servoassistito da 96 posizioni con sistema di lavaggio ago in continuo.

Kit generatore idruri

Camera in teflon per miscelazione campione+ carrier e soluzione NaBH_4 ; capillare di pre-miscelazione in PTFE da 500 μL .

A7

ACCUMULO E DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANOSTANNICHE NEI SEDIMENTI

A7-I OPTIMA 7300 V ICP-OES



Spettrofotometro ad emissione atomica al plasma ad accoppiamento induttivo (ICP) e lettura sequenziale. Generatore multifrequenze nel range 750-1500 W Il sistema di raccolta della radiazione emessa dal plasma è di tipo assiale e radiale. Banda di analisi: 163-782 nm. Gas flusso principale e secondario: Argon gas ultrapuro (flusso 0-20 l/min). Gas stabilizzazione spettrofotometro: Azoto ultrapuro (flusso: 5 l/min).

A8

ANALISI IN *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

A8-I ESTRAZIONE LIQUIDO-SOLIDO A FLUSSO tipo Soxhlet



Materiale: Apparato elevatore, isomantello, pallone da 250 ml, un apparato di Soxhlet con refrigerante apposito, un ditale di carta, pinze e morsetti, due tubi di gomma, moderatore di ebollizione (sfere di pyrex), cilindro graduato da 250 ml, solvente organico d'estrazione, cilindretto graduato da 10 ml, pipette Pasteur, cristallizzatore, piastra riscaldante, ancorotta magnetica, imbuto, tettarelle, cotone, provetta o protettone da 250 ml.

A8-II CROMATOGRAFIA LIQUIDA Waters 996 PDA HPLC System (liquid chromatograph)



TIPO DI STRUMENTO: Cromatografo per cromatografia liquida ad alte pressioni (HPLC).

COSTRUTTORE Waters

SERIE 996 PDA

TIPO DI DETECTOR: Fluorescenza (Waters® 474 Scanning Fluorescence Detector) e UV-Visibile (rivelatore a serie di fotodiodi Waters® PDA 996)

VOLUME DI INIEZIONE: 5 µl

CARRIER: Acqua/Acetonitrile

TIPO DI COLONNA: Supelcosil LC-PAH

LUNGHEZZA: 25 cm

DIAMETRO: 4.5 mm

FASE: C-18

PARTICLE SIZE: 5 µm

INTEGRAZIONE ED ANALISI DEL DATO: Waters Millennium software®

A8-IIa SUPELCOSIL™ LC-PAH HPLC Column (colonna per cromatografia liquida ad alte prestazioni-HPLC)



CARATTERISTICHE FISICHE: 5 µm diametro granuli, lunghezza × I.D. 25 cm × 4.6 mm

MATRICE (supporto): gel di silice a forma sferica

(Fase stazionaria): octadecyl silice

diametro granuli: 5 µm

dimensione pori: 120 Å

A8-III GAS – CROMATOGRAFIA FID (Flame Ionization Detector Perkin Elmer) per l'analisi degli Idrocarburi Alifatici



TIPO DI STRUMENTO: **gas cromatografo**
COSTRUTTORE **Perkin Elmer**
SERIE **GC FID Autosystem**
TIPO DI DETECTOR: **FID (Flame Ionized Detector)**
TECNICA DI INIEZIONE: **Splitless**
VOLUME DI INIEZIONE: **2 µl**
CARRIER: **Elio**
TIPO DI COLONNA: **Capillare**
LUNGHEZZA: **30 metri**
DIAMETRO: **0.2 mm**
FASE: **SOPB-5**
SPESSORE DEL FILM: **0.2 µm**
INTEGRAZIONE ED ANALISI DEL DATO: **Software TotalCrom Perkin Elmer**

A8-IIIa SUPELCO SPB-5

CARATTERISTICHE TECNICHE: **Lunghezza 30m, Ø 0.32mm**
MATRICE-Fase stazionaria **0.25mm, 95% difenil-, 5% dimetil-silicone)**



A8-IV MINERALIZZATORE Milestone Ethos 900



TIPO DI STRUMENTO: Forno **Mineralizzatore /estrattore**
COSTRUTTORE **Milestone**
SERIE: **900**
VOLUME DI INIEZIONE: **6 posizioni da 200 ml**
POTENZA SORGENTE: **fino a 1600w**
SOFTWARE DI CONTRIOLLO: **EasyControl software®**

A8-V SPETTROFOTOMETRIA DI ASSORBIMENTO ATOMICO Perkin-Elmer AAS 3030 in fiamma aria-acetilene



TIPO DI STRUMENTO: **Spettrofotometro ad assorbimento atomico a doppio raggio con correttore di fondo Zeeman 4100 Z.**
COSTRUTTORE: *Perkin-Elmer.*
SERIE: **AAS 3030**
LAMPADA: **a catodo cavo.**

ACCESSORI OPZIONALI:

A8-Va

Flow injection Mercury system FIMS 400, Perkin-Elmer per il dosaggio/analisi del Hg



A8-Vb

Flow Injection Analysis System (FIAS 400, Perkin Elmer) per il dosaggio/analisi dell'As



A8-VI STUFA termostata Binder ED53



Strumento	Costruttore	Modello	Capacità (litri)	Temperatura (°C)	Precisione (°C)
Stufa termostata	Binder	ED53	53	+5 ÷ +300	±2%

Termometro interno taratura bimestrale.

A8-VII SPETTROFOTOMETRIA Shimadzu UV-1700 Pharma



Strumento	Costruttore	Serie	Lampada	Range lunghezza d'onda	Accuratezza lung. d'onda	Range fotometrico	Accuratezza fotometrica
Spettrofotometro	Shimadzu	UV 1700 Pharma	UV-VIS	195-1100 nm)	±0,5 nm	Trasmittanza 0-100% T Assorbanza 0-4 A	±0,005 A

Taratura giornaliera ed esecuzione di curva standard di riferimento.

A8-VIII CRIOSTATO Leica CM1900



Strumento	Costruttore	Serie	Cabina	Refrigerante
Criostato	Leica	1900	Refrigerata fino a -50C°	Freon

A8-IX MICROSCOPIO invertito Carl Zeiss Axiocam 135 motorizzato con telecamera Carl Zeiss Axiovert HS



Main features	Highly stable pyramid shape and low center of gravity for vibration-free work, min. 6 adaptation options (12 drilled holes) e.g. for micromanipulators Optovar revolver 3x motorized 6x objective nosepiece for HD DIC, motorized
Optics	ICS optics for finest image quality: special application objectives with long working distance
Objectives	Reflected light: Epiplan, Epiplan-Neofluar, EC Epiplan-Neofluar Transmitted light: Achroplan, Plan-Neofluar Special: LD-Epiplan, LD-EC Epiplan-Neofluar (reflected light objective with long working distance)
Modules	Polarization optical shearing interferometer (TIC) to measure reflected light-phase objects(levels, differences in height), MHT 10, DeepView
Illumination Reflected light	12V, 100W halogen HBO 50W mercury vapor short arc lamp HBO 100W mercury vapor short arc lamp XBO 75W xenon lamp
Reflected light/filter slider	3 positions for filters with 25 mm diameter
Reflector turret	5 positions, manual or motorized, exchangeable
Light Trap	High contrast, minimized stray light
Transmitted light	6V, 30W 12V, 100W LCD-display, light manager

TelecameraAxiovert HS

Sensore	Sony ICX 414, progressives readout
Risoluzione	660(H) x 494 (V) = 330 K Pixels
Pixel Size	9.9 µm (H) x 9.9 µm (V)
Dimensione sensore	6,5 mm x 4,9 mm, equivalent to ½
Sensibilità spettrale	HSc appr. 400 bis 720 nm con BG 40 IR-blocking filter HSm appr. 350 bis 1000 nm con BK7 protective cover glass
Dynamic Range	Typical SNR 65 dB = 1 : 1800
Noise	1 17 e
Dark Current	0,7 LSB/s, equivalenti a to 5,4 e / Pixel/s
Fotogrammi / sec	Appr. 54 fotogrammi/s in risoluzione normale fino a . 140 fotogrammi/s a
Tempo di esposizione	da 0,25 ms fino a 60 s
Color optimisation	Available for color model, default white point 3200 k

A8-X CENTRIFUGA Beckman Allegra 25R



Strumento	Costruttore	Modello	Range velocità	Range temperatura (°C)	Precisione	Diametro rotore
Centrifuga	Beckman	Allegra 25R	100-25000 rpm	0 – 50 piena velocità -30-40 a veloc. ridotta	±1	215 mm

A8-XI MICROTOMO Leitz 1512



microtomo rotativo manuale dotato di lama regolabile e ruotabile che permette di ottenere sezioni di buona qualità fino a 4 µm di spessore.

A8-XIV MICROSCOPIO A FORZA ATOMICA AFM



**A8-XV MICROSCOPIO SEM Stereoscan 260
della Cambridge Instruments**



A8-XVI SPETTROFOTOMETRO FTIR JASCO V-430



spettrofotometro infrarosso a doppio fascio con modalità di acquisizione FTIR (Fast Fourier Transform IR). Lo strumento permette di sondare il campione con luce di lunghezza d'onda compresa tra 1,25 e 20 μm ($500\text{-}8000\text{ cm}^{-1}$). La camera di misura è fornita di porta campioni modificati per l'alloggiamento di campioni di diverse dimensioni.

ALLEGATO B

SCHEDE GRANULOMETRICHE V SURVEY SUCCESSIVO AI LAVORI DI INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA ANNAMARIA B (ESTATE 2012)



Stazione A1

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	158,14
Peso umido (g)	P _u	221,59
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

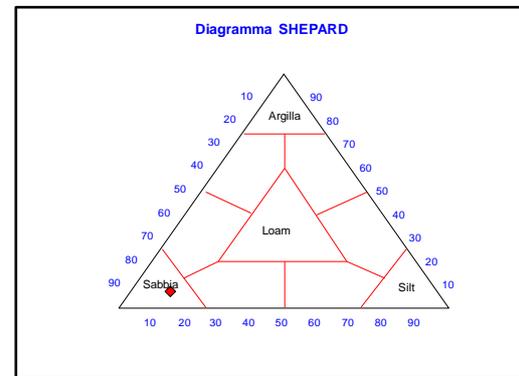
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,62
Classazione	σ _p	1,05
Asimmetria	S _{Kp}	0,11
Appuntamento	K _G	3,22
Mediana	M _d	3,47

Percentile	φ
5°	2,09
16°	2,65
25°	3,03
50°	3,47
75°	3,90
84°	4,75
95°	8,90

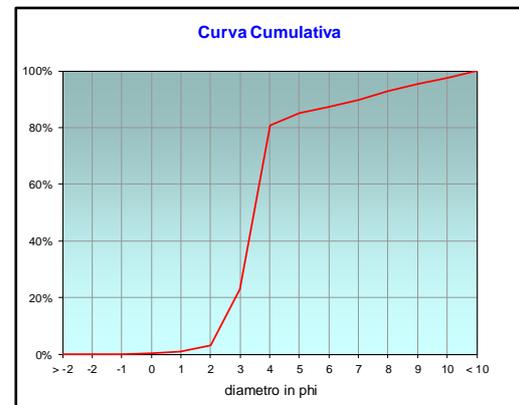
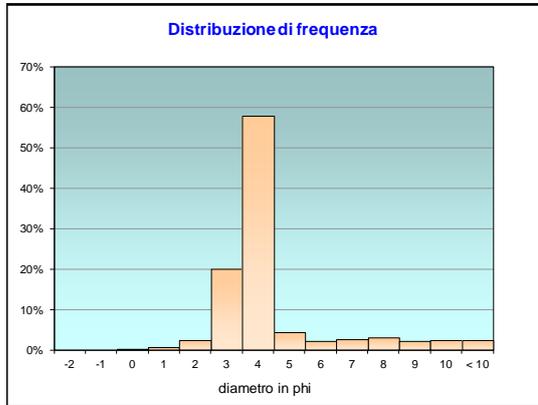
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,33	0	1000	0,21%	0,21%
	1,00	1	500	0,63%	0,84%
	3,62	2	250	2,29%	3,13%
	31,52	3	125	19,93%	23,06%
	91,29	4	62,5	57,73%	80,79%
Limo	6,76	5	31	4,27%	85,06%
	3,49	6	15,6	2,21%	87,27%
	4,13	7	7,8	2,61%	89,88%
Argilla	4,88	8	3,9	3,08%	92,96%
	3,60	9	2,0	2,28%	95,24%
	3,63	10	0,98	2,29%	97,53%
	3,90	< 10	< 0,98	2,47%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	80,79%	12,17%	7,04%

Note
13,52 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntamento	estremamente leptocurtica



Stazione A2

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	159,63
Peso umido (g)	P _u	227,08
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

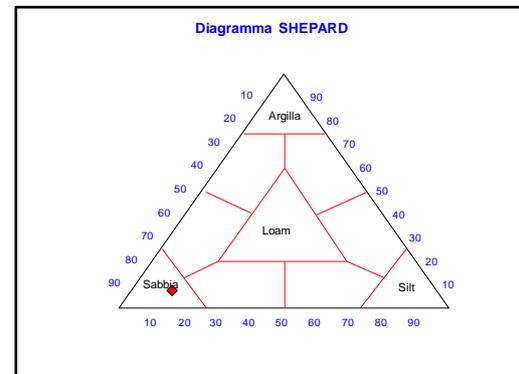
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,66
Classazione	σ _p	1,11
Asimmetria	S _{Kp}	0,13
Appuntamento	K _G	3,24
Mediana	Md	3,47

Percentile	φ
5°	2,08
16°	2,65
25°	3,04
50°	3,47
75°	3,91
84°	4,87
95°	8,96

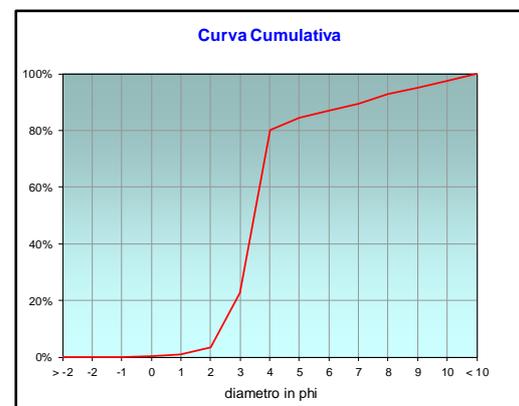
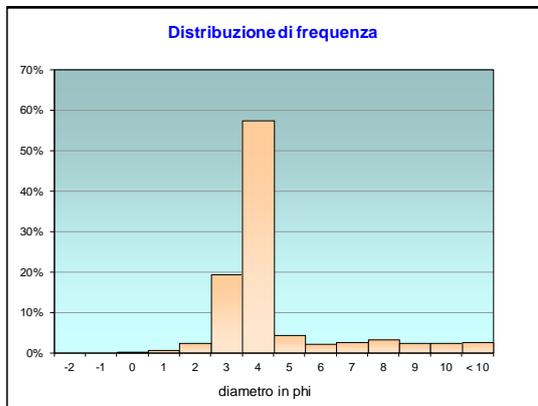
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,39	0	1000	0,24%	0,24%
	1,18	1	500	0,74%	0,98%
	3,93	2	250	2,46%	3,44%
	30,83	3	125	19,32%	22,76%
	91,66	4	62,5	57,42%	80,18%
Limo	7,04	5	31	4,41%	84,59%
	3,63	6	15,6	2,28%	86,86%
	4,30	7	7,8	2,69%	89,56%
	5,08	8	3,9	3,18%	92,74%
Argilla	3,75	9	2,0	2,35%	95,09%
	3,78	10	0,98	2,37%	97,45%
	4,07	< 10	< 0,98	2,55%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	80,18%	12,56%	7,26%

Note
15,03 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntamento	estremamente leptocurtica



Stazione A3

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	160,78
Peso umido (g)	P _u	231,33
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

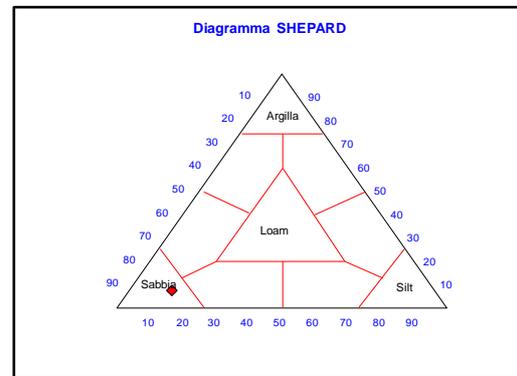
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,70
Classazione	σ _φ	1,15
Asimmetria	S _{Kφ}	0,14
Appuntimento	K _G	3,26
Mediana	M _d	3,48

Percentile	φ
5°	2,07
16°	2,66
25°	3,04
50°	3,48
75°	3,92
84°	4,95
95°	9,01

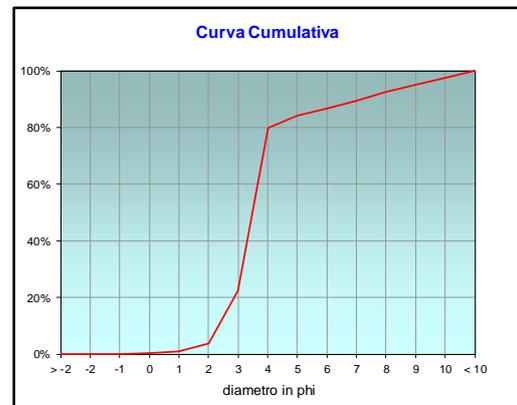
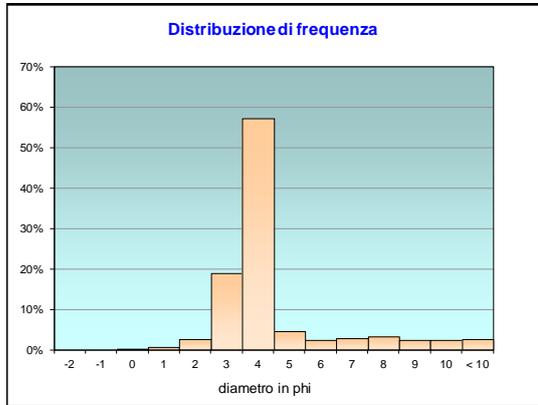
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,40	0	1000	0,25%	0,25%
	1,21	1	500	0,76%	1,01%
	4,15	2	250	2,58%	3,59%
	30,32	3	125	18,86%	22,45%
	92,03	4	62,5	57,24%	79,69%
Limo	7,26	5	31	4,52%	84,20%
	3,75	6	15,6	2,33%	86,54%
	4,44	7	7,8	2,76%	89,30%
	5,24	8	3,9	3,26%	92,56%
Argilla	3,87	9	2,0	2,41%	94,97%
	3,90	10	0,98	2,42%	97,39%
	4,20	< 10	< 0,98	2,61%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	79,69%	12,87%	7,44%

Note
15,55 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione A4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	162,31
Peso umido (g)	P _u	226,17
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

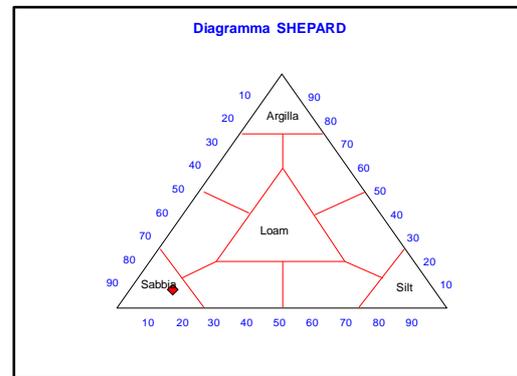
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,73
Classazione	σ _p	1,18
Asimmetria	S _{Kp}	0,15
Appuntimento	K _G	3,26
Mediana	M _d	3,49

Percentile	φ
5°	2,08
16°	2,66
25°	3,05
50°	3,49
75°	3,92
84°	5,03
95°	9,05

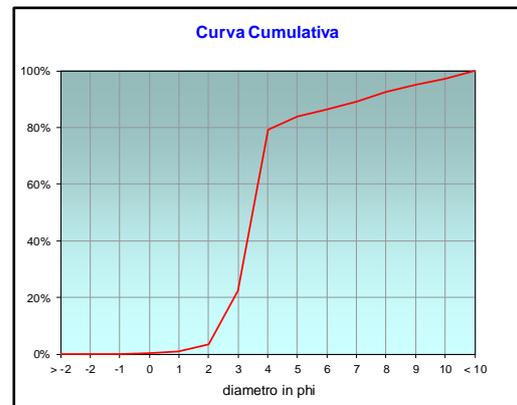
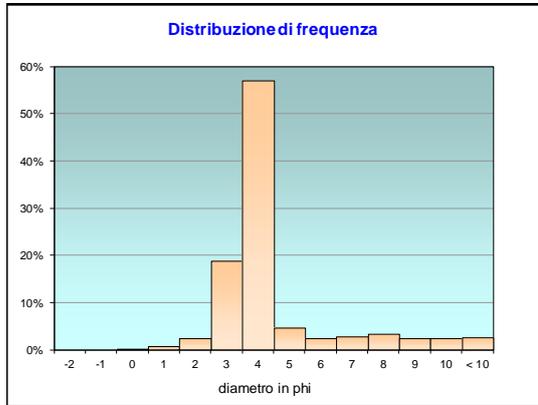
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,40	0	1000	0,25%	0,25%
	1,18	1	500	0,73%	0,97%
	4,08	2	250	2,51%	3,49%
	30,62	3	125	18,86%	22,35%
	92,48	4	62,5	56,98%	79,33%
Limo	7,46	5	31	4,60%	83,93%
	3,85	6	15,6	2,37%	86,30%
	4,56	7	7,8	2,81%	89,11%
	5,39	8	3,9	3,32%	92,43%
Argilla	3,98	9	2,0	2,45%	94,88%
	4,00	10	0,98	2,47%	97,34%
	4,31	< 10	< 0,98	2,66%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	79,33%	13,10%	7,57%

Note
15,09 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione AM NW

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	161,47
Peso umido (g)	Pu	228,43
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

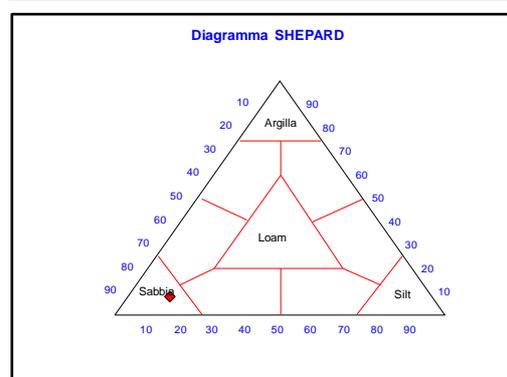
Parametri Statistici		
Media	M_p	3,67
Classazione	σ_{ϕ}	1,22
Asimmetria	$S_{K\phi}$	0,13
Appuntimento	K_G	3,15
Mediana	Md	3,46

Percentile	ϕ
5°	2,01
16°	2,56
25°	3,00
50°	3,46
75°	3,92
84°	5,00
95°	9,04

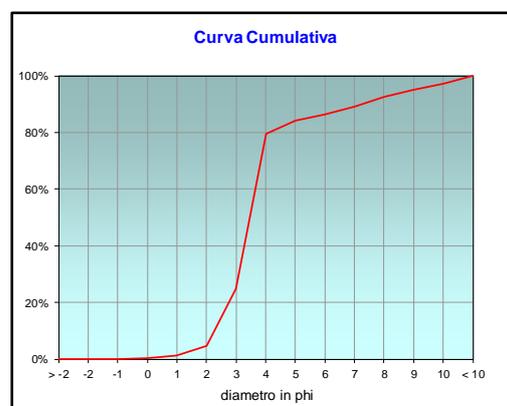
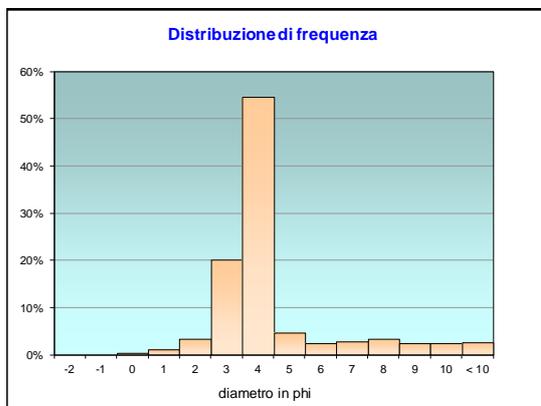
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,55	0	1000	0,34%	0,34%
	1,68	1	500	1,04%	1,38%
	5,41	2	250	3,35%	4,72%
	32,39	3	125	20,06%	24,78%
	88,26	4	62,5	54,66%	79,45%
Limo	7,38	5	31	4,57%	84,02%
	3,81	6	15,6	2,36%	86,38%
	4,51	7	7,8	2,79%	89,17%
	5,33	8	3,9	3,30%	92,47%
Argilla	3,93	9	2,0	2,44%	94,91%
	3,96	10	0,98	2,45%	97,36%
	4,26	< 10	< 0,98	2,64%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	79,45%	13,02%	7,53%

Note
19,79 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione AM SE

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	159,85
Peso umido (g)	P _u	221,46
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

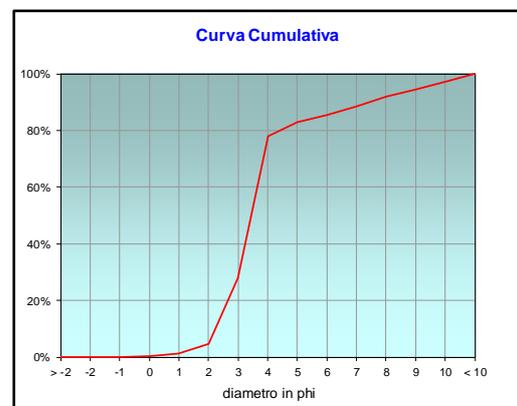
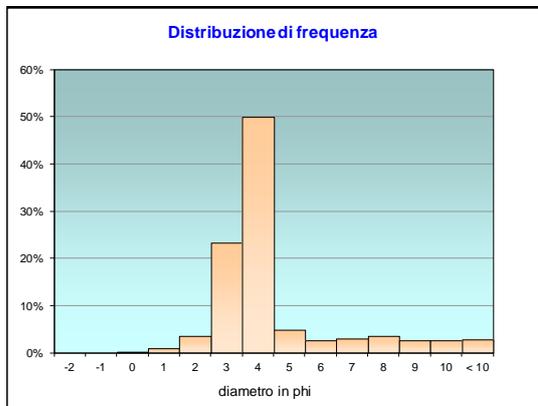
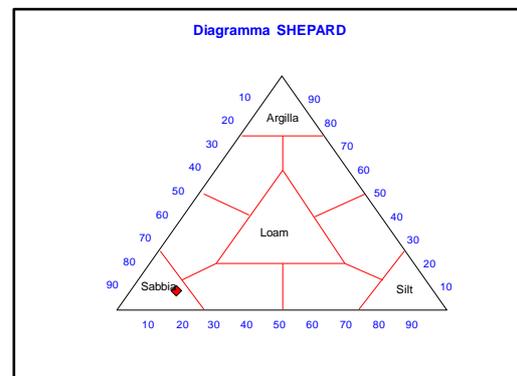
Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	3,79	5°	2,01
Classazione	σ _p	1,49	16°	2,48
Asimmetria	S _{Kp}	0,18	25°	2,87
Appuntimento	K _G	2,74	50°	3,44
Mediana	Md	3,44	75°	3,94
			84°	5,46
			95°	9,18

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,43	0	1000	0,27%	0,27%
	1,57	1	500	0,98%	1,25%
	5,69	2	250	3,56%	4,81%
	37,11	3	125	23,21%	28,02%
	79,77	4	62,5	49,90%	77,92%
Limo	7,85	5	31	4,91%	82,83%
	4,05	6	15,6	2,54%	85,37%
	4,79	7	7,8	3,00%	88,37%
Argilla	5,67	8	3,9	3,54%	91,91%
	4,18	9	2,0	2,62%	94,53%
	4,21	10	0,98	2,64%	97,16%
	4,53	< 10	< 0,98	2,84%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	77,92%	13,99%	8,09%

Note
18,43 g di materiale organogeno (conchiglie)

Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione A5

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	161,52
Peso umido (g)	P _u	227,22
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

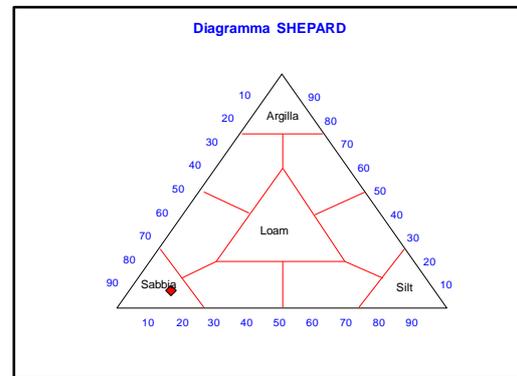
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,68
Classazione	σ _p	1,16
Asimmetria	S _{Kp}	0,14
Appuntamento	K _G	3,21
Mediana	Md	3,47

Percentile	φ
5°	2,07
16°	2,63
25°	3,03
50°	3,47
75°	3,92
84°	4,94
95°	9,01

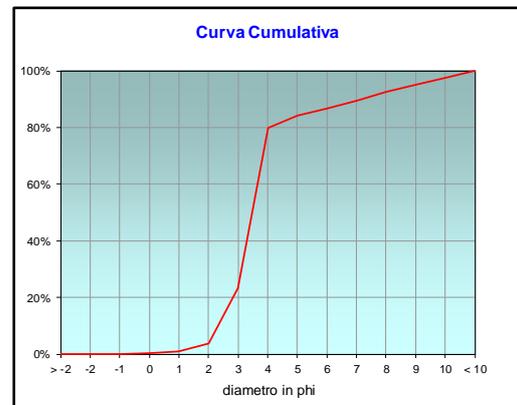
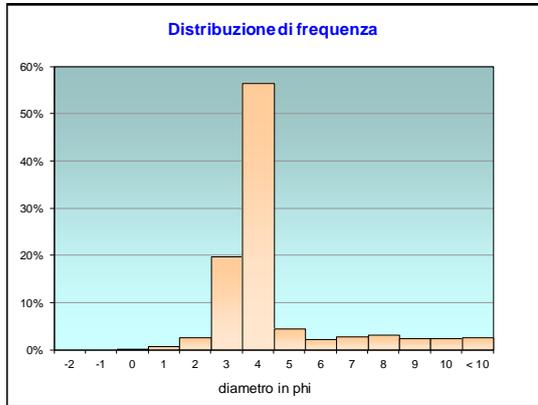
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,41	0	1000	0,26%	0,26%
	1,19	1	500	0,74%	0,99%
	4,20	2	250	2,60%	3,59%
	31,80	3	125	19,69%	23,28%
	91,22	4	62,5	56,48%	79,75%
Limo	7,27	5	31	4,50%	84,26%
	3,76	6	15,6	2,33%	86,58%
	4,44	7	7,8	2,75%	89,33%
	5,25	8	3,9	3,25%	92,58%
Argilla	3,87	9	2,0	2,40%	94,98%
	3,90	10	0,98	2,42%	97,40%
	4,20	< 10	< 0,98	2,60%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	79,75%	12,83%	7,42%

Note
15,14 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntamento	estremamente leptocurtica



Stazione A6

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	160,40
Peso umido (g)	P _u	229,15
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

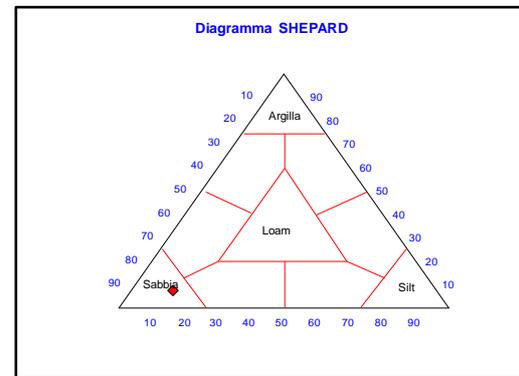
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,68
Classazione	σ _p	1,11
Asimmetria	S _{Kp}	0,13
Appuntimento	K _G	3,27
Mediana	Md	3,48

Percentile	φ
5°	2,07
16°	2,66
25°	3,05
50°	3,48
75°	3,91
84°	4,89
95°	8,98

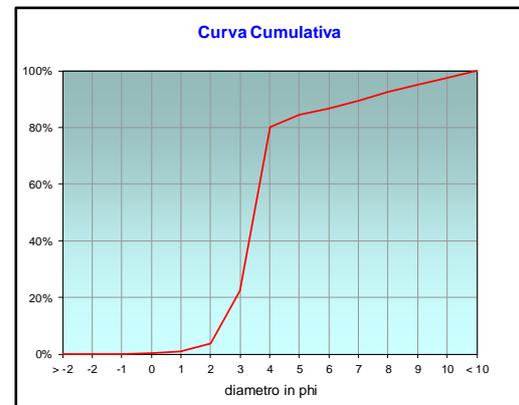
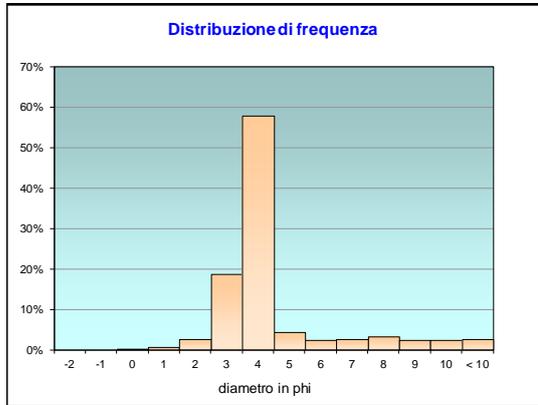
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,39	0	1000	0,24%	0,24%
	1,21	1	500	0,75%	0,99%
	4,27	2	250	2,66%	3,65%
	29,82	3	125	18,59%	22,24%
	92,69	4	62,5	57,79%	80,03%
Limo	7,12	5	31	4,44%	84,47%
	3,68	6	15,6	2,29%	86,77%
	4,35	7	7,8	2,71%	89,48%
Argilla	5,14	8	3,9	3,21%	92,68%
	3,80	9	2,0	2,37%	95,05%
	3,82	10	0,98	2,38%	97,43%
	4,12	< 10	< 0,98	2,57%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	80,03%	12,65%	7,32%

Note
15,21 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione A7

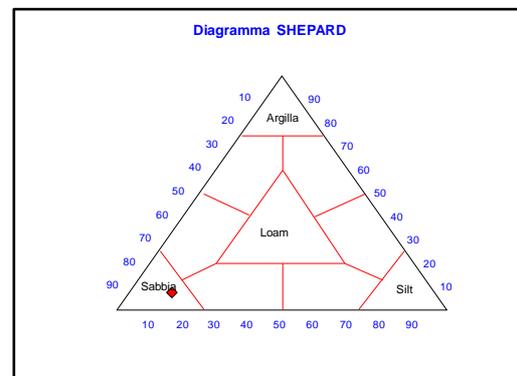
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	158,10
Peso umido (g)	P _u	225,33
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	3,71	5°	2,08
Classazione	σ _p	1,15	16°	2,67
Asimmetria	S _{Kp}	0,14	25°	3,05
Appuntamento	K _G	3,27	50°	3,48
Mediana	Md	3,48	75°	3,92
			84°	4,96
			95°	9,02

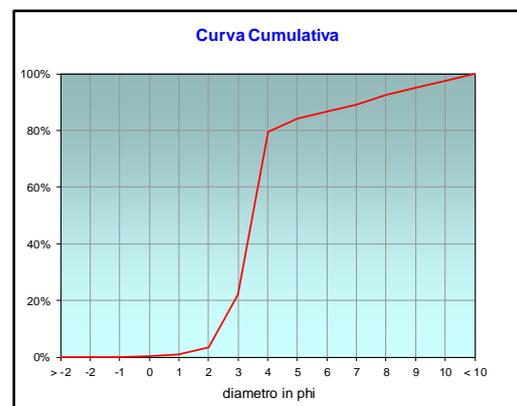
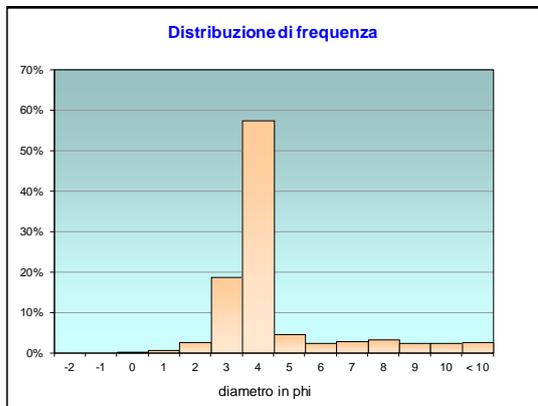
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,35	0	1000	0,22%	0,22%
	1,08	1	500	0,68%	0,90%
	4,03	2	250	2,55%	3,45%
	29,60	3	125	18,72%	22,17%
	90,85	4	62,5	57,47%	79,64%
Limo	7,16	5	31	4,53%	84,17%
	3,70	6	15,6	2,34%	86,51%
	4,37	7	7,8	2,77%	89,27%
	5,17	8	3,9	3,27%	92,54%
Argilla	3,81	9	2,0	2,41%	94,95%
	3,84	10	0,98	2,43%	97,38%
	4,14	< 10	< 0,98	2,62%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	79,64%	12,90%	7,46%

Note
13,93 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntamento	estremamente leptocurtica



Stazione A8

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	155,57
Peso umido (g)	P _u	220,99
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

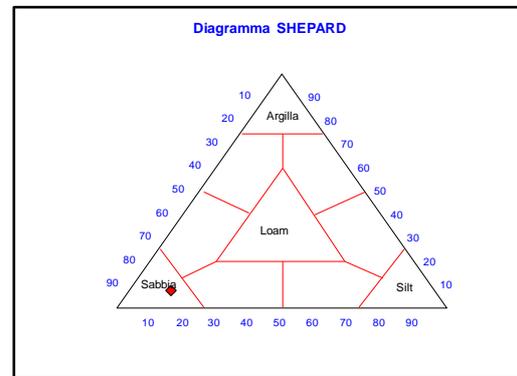
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,69
Classazione	σ _p	1,10
Asimmetria	S _{Kp}	0,14
Appuntamento	K _G	3,32
Mediana	Md	3,49

Percentile	φ
5°	2,07
16°	2,69
25°	3,06
50°	3,49
75°	3,91
84°	4,90
95°	8,98

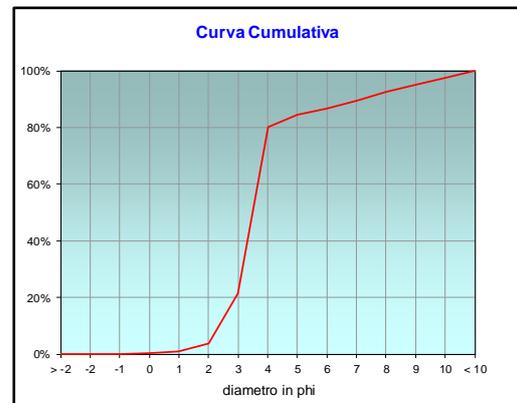
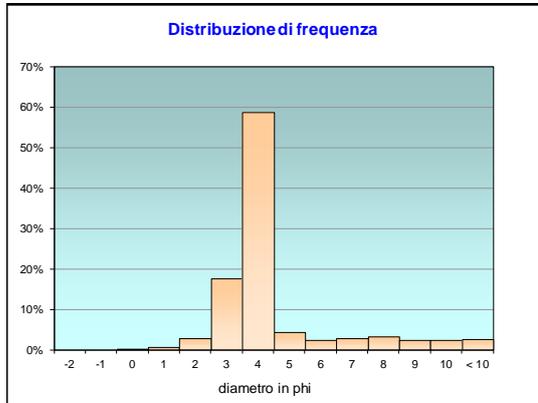
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,31	0	1000	0,20%	0,20%
	1,13	1	500	0,73%	0,92%
	4,55	2	250	2,93%	3,85%
	27,23	3	125	17,50%	21,35%
	91,22	4	62,5	58,64%	79,99%
Limo	6,92	5	31	4,45%	84,44%
	3,58	6	15,6	2,30%	86,74%
	4,23	7	7,8	2,72%	89,46%
Argilla	5,00	8	3,9	3,21%	92,67%
	3,69	9	2,0	2,37%	95,04%
	3,72	10	0,98	2,39%	97,43%
	4,00	< 10	< 0,98	2,57%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	79,99%	12,68%	7,33%

Note
14 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntamento	estremamente leptocurtica



Stazione B1

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	157,95
Peso umido (g)	P _u	224,61
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

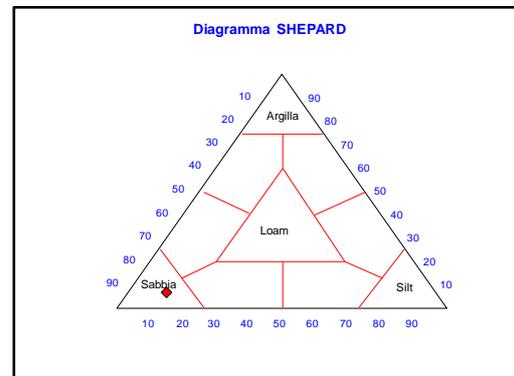
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,53
Classazione	σ _p	0,99
Asimmetria	S _{Kp}	0,06
Appuntamento	K _G	3,15
Mediana	Md	3,44

Percentile	φ
5°	2,05
16°	2,58
25°	3,01
50°	3,44
75°	3,88
84°	4,56
95°	8,78

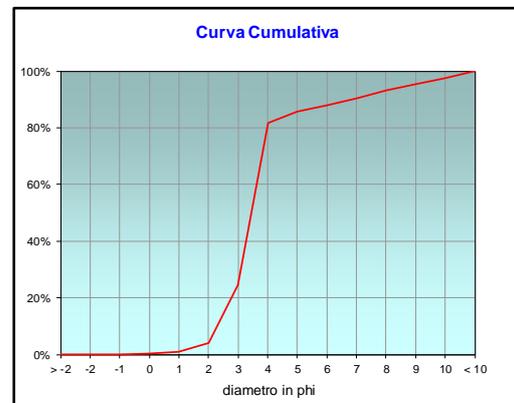
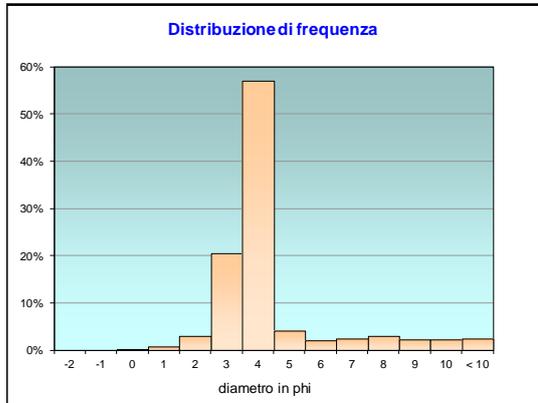
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,40	0	1000	0,26%	0,26%
	1,18	1	500	0,75%	1,00%
	4,82	2	250	3,05%	4,05%
	32,50	3	125	20,57%	24,63%
	90,18	4	62,5	57,09%	81,72%
Limo	6,42	5	31	4,07%	85,79%
	3,32	6	15,6	2,10%	87,89%
	3,92	7	7,8	2,48%	90,37%
	4,63	8	3,9	2,93%	93,30%
Argilla	3,42	9	2,0	2,17%	95,47%
	3,45	10	0,98	2,18%	97,65%
	3,71	< 10	< 0,98	2,35%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	81,72%	11,58%	6,70%

Note
16 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntamento	estremamente leptocurtica



Stazione B2

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	158,46
Peso umido (g)	P _u	227,02
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

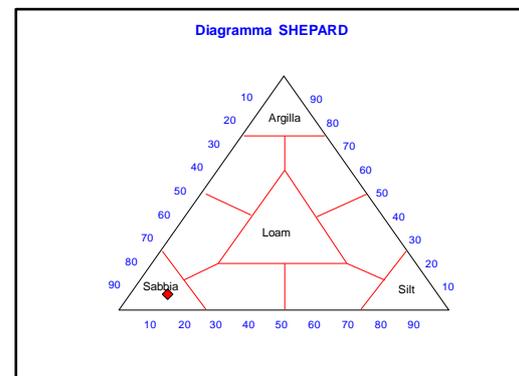
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,50
Classazione	σ _p	0,97
Asimmetria	S _{Kp}	0,05
Appuntimento	K _G	3,08
Mediana	Md	3,43

Percentile	φ
5°	2,04
16°	2,56
25°	2,98
50°	3,43
75°	3,88
84°	4,50
95°	8,75

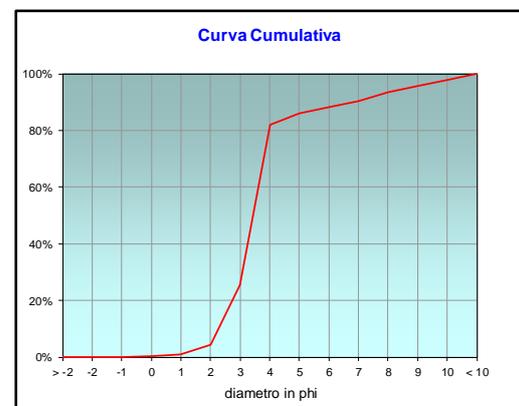
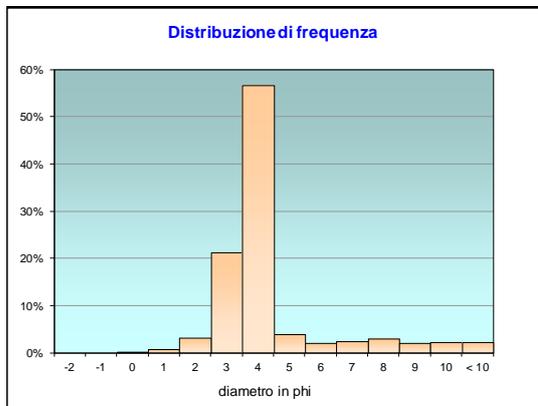
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,43	0	1000	0,27%	0,27%
	1,22	1	500	0,77%	1,04%
	5,03	2	250	3,18%	4,21%
	33,53	3	125	21,16%	25,38%
	89,71	4	62,5	56,61%	81,99%
Limo	6,35	5	31	4,01%	86,00%
	3,28	6	15,6	2,07%	88,06%
	3,88	7	7,8	2,45%	90,51%
	4,58	8	3,9	2,89%	93,40%
Argilla	3,38	9	2,0	2,13%	95,54%
	3,41	10	0,98	2,15%	97,69%
	3,67	< 10	< 0,98	2,31%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	81,99%	11,41%	6,60%

Note
16,47 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione B3

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	157,07
Peso umido (g)	P _u	226,40
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

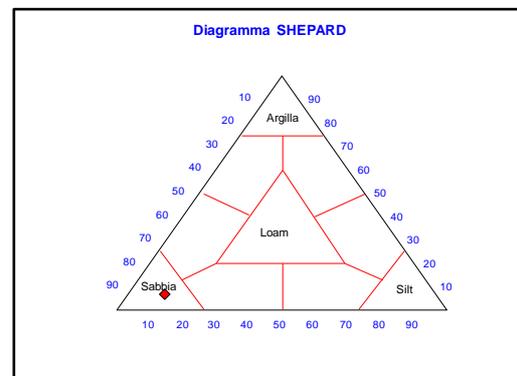
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,48
Classazione	σ _p	0,98
Asimmetria	S _{Kp}	0,04
Appuntamento	K _G	3,01
Mediana	Md	3,43

Percentile	φ
5°	2,01
16°	2,53
25°	2,96
50°	3,43
75°	3,87
84°	4,48
95°	8,74

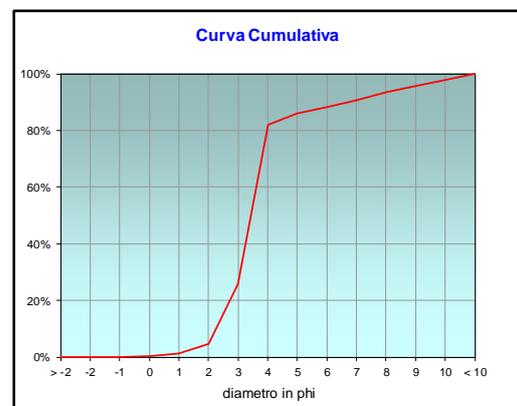
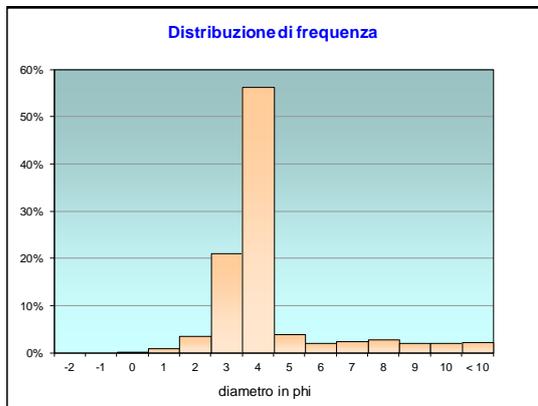
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,40	0	1000	0,26%	0,26%
	1,46	1	500	0,93%	1,19%
	5,57	2	250	3,54%	4,73%
	33,19	3	125	21,13%	25,86%
	88,29	4	62,5	56,21%	82,07%
Limo	6,26	5	31	3,99%	86,06%
	3,23	6	15,6	2,06%	88,12%
	3,83	7	7,8	2,44%	90,56%
	4,52	8	3,9	2,88%	93,43%
Argilla	3,34	9	2,0	2,12%	95,56%
	3,36	10	0,98	2,14%	97,70%
	3,62	< 10	< 0,98	2,30%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	82,07%	11,36%	6,57%

Note
17,99 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntamento	estremamente leptocurtica



StazioneB4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	159,65
Peso umido (g)	P _u	231,29
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

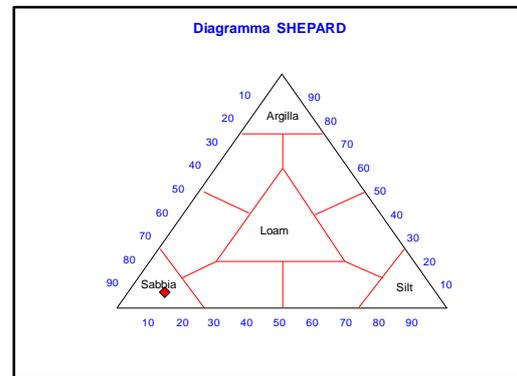
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,47
Classazione	σ _p	0,96
Asimmetria	S _{Kp}	0,03
Appuntimento	K _G	2,98
Mediana	Md	3,43

Percentile	φ
5°	2,00
16°	2,52
25°	2,95
50°	3,43
75°	3,87
84°	4,45
95°	8,72

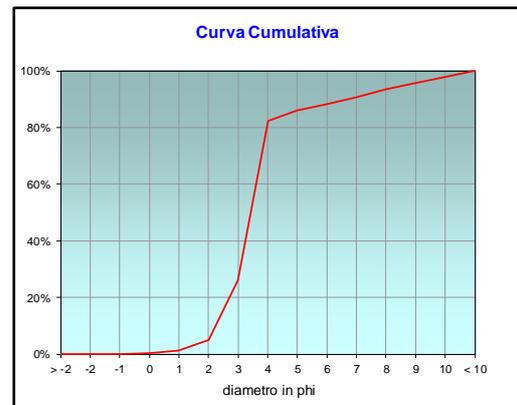
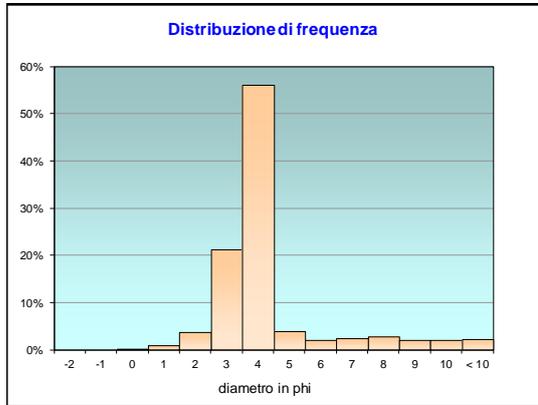
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,41	0	1000	0,26%	0,26%
	1,58	1	500	0,99%	1,24%
	5,87	2	250	3,68%	4,92%
	33,83	3	125	21,19%	26,11%
	89,58	4	62,5	56,11%	82,22%
Limo	6,31	5	31	3,95%	86,17%
	3,26	6	15,6	2,04%	88,22%
	3,86	7	7,8	2,42%	90,63%
	4,56	8	3,9	2,85%	93,49%
Argilla	3,36	9	2,0	2,11%	95,59%
	3,39	10	0,98	2,12%	97,72%
	3,65	< 10	< 0,98	2,28%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	82,22%	11,27%	6,51%

Note
19,01 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione AM NE

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	160,12
Peso umido (g)	P _u	225,23
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

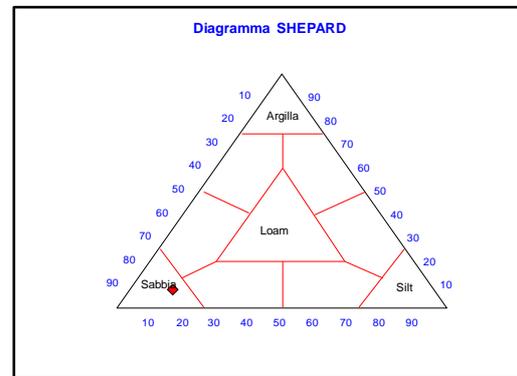
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,68
Classazione	σ _p	1,22
Asimmetria	S _{Kp}	0,14
Appuntimento	K _G	3,14
Mediana	Md	3,46

Percentile	φ
5°	2,03
16°	2,57
25°	3,01
50°	3,46
75°	3,92
84°	5,02
95°	9,05

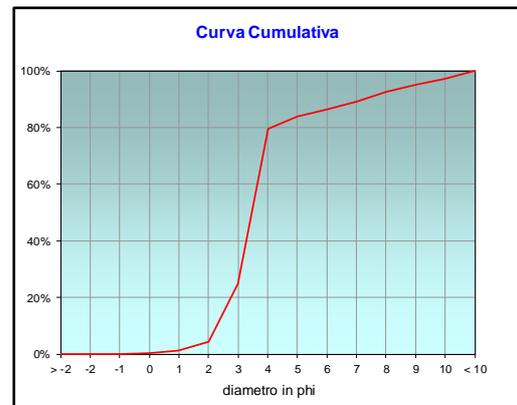
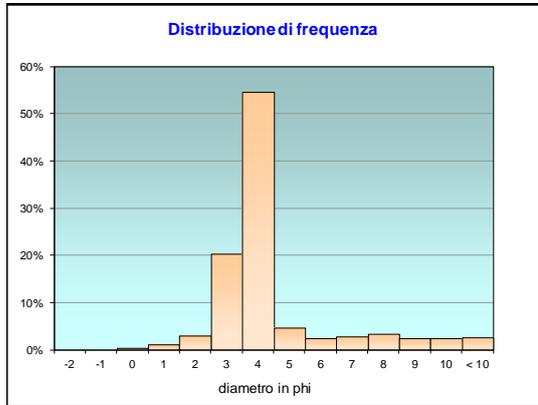
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,51	0	1000	0,32%	0,32%
	1,64	1	500	1,03%	1,34%
	4,88	2	250	3,05%	4,39%
	32,51	3	125	20,30%	24,69%
	87,55	4	62,5	54,68%	79,37%
Limo	7,35	5	31	4,59%	83,96%
	3,79	6	15,6	2,37%	86,33%
	4,49	7	7,8	2,80%	89,13%
	5,30	8	3,9	3,31%	92,44%
Argilla	3,91	9	2,0	2,44%	94,89%
	3,94	10	0,98	2,46%	97,35%
	4,24	< 10	< 0,98	2,65%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	79,37%	13,07%	7,56%

Note
19,16 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione AM SW

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	159,97
Peso umido (g)	P _u	224,25
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

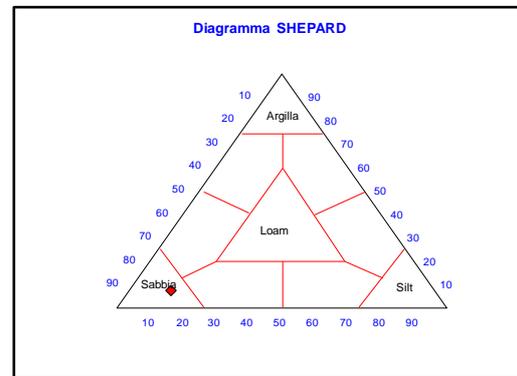
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,61
Classazione	σ _p	1,21
Asimmetria	S _{Kp}	0,11
Appuntimento	K _G	2,85
Mediana	Md	3,43

Percentile	φ
5°	1,94
16°	2,49
25°	2,89
50°	3,43
75°	3,91
84°	4,91
95°	8,99

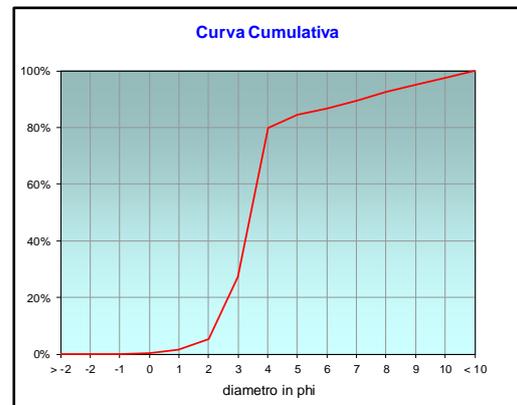
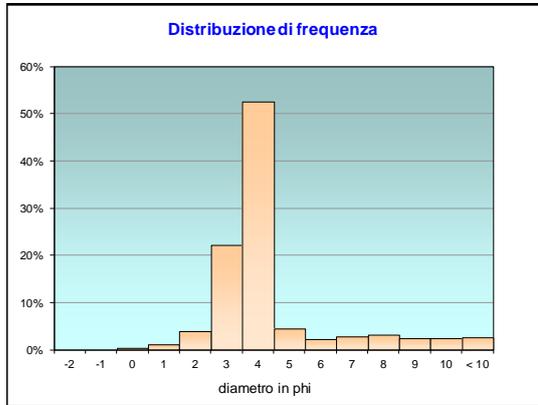
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,51	0	1000	0,32%	0,32%
	1,73	1	500	1,08%	1,40%
	6,14	2	250	3,84%	5,24%
	35,36	3	125	22,11%	27,34%
	84,11	4	62,5	52,58%	79,92%
Limo	7,14	5	31	4,47%	84,39%
	3,69	6	15,6	2,31%	86,69%
	4,36	7	7,8	2,73%	89,42%
	5,16	8	3,9	3,22%	92,64%
Argilla	3,81	9	2,0	2,38%	95,02%
	3,83	10	0,98	2,40%	97,42%
	4,13	< 10	< 0,98	2,58%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	79,92%	12,72%	7,36%

Note
20,14 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	asimmetrica positiva
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione B5

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	156,40
Peso umido (g)	P _u	221,23
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

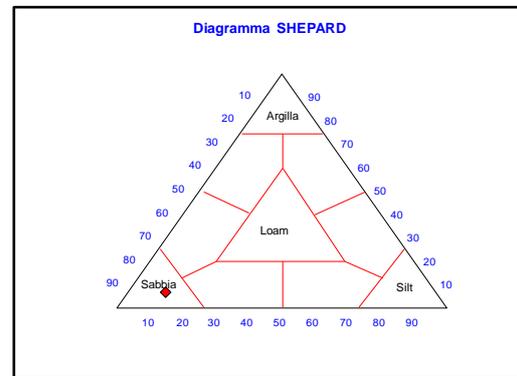
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,48
Classazione	σ _p	1,01
Asimmetria	S _{Kp}	0,04
Appuntimento	K _G	2,93
Mediana	Md	3,42

Percentile	φ
5°	1,92
16°	2,50
25°	2,92
50°	3,42
75°	3,87
84°	4,52
95°	8,76

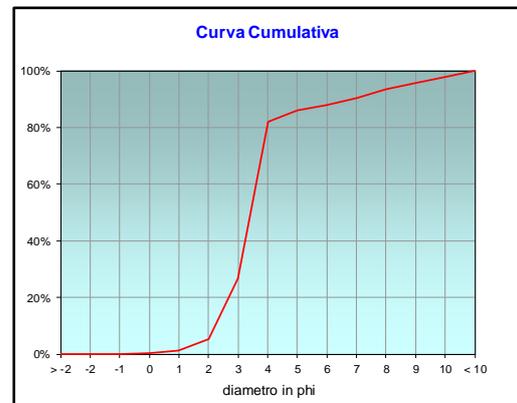
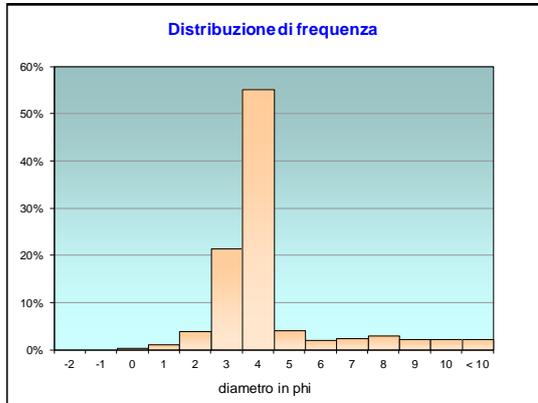
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,45	0	1000	0,29%	0,29%
	1,65	1	500	1,05%	1,34%
	6,22	2	250	3,97%	5,32%
	33,56	3	125	21,46%	26,78%
	86,23	4	62,5	55,14%	81,91%
Limo	6,29	5	31	4,02%	85,93%
	3,25	6	15,6	2,08%	88,01%
	3,84	7	7,8	2,46%	90,47%
	4,54	8	3,9	2,90%	93,37%
Argilla	3,35	9	2,0	2,14%	95,52%
	3,38	10	0,98	2,16%	97,68%
	3,63	< 10	< 0,98	2,32%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	81,91%	11,46%	6,63%

Note
20,16 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione B6

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	155,24
Peso umido (g)	P _u	221,61
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

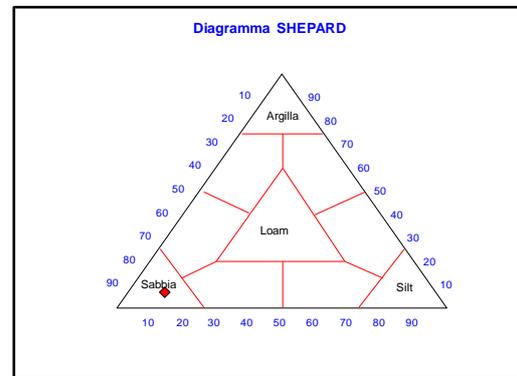
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,46
Classazione	σ _p	0,96
Asimmetria	S _{Kp}	0,03
Appuntimento	K _G	3,00
Mediana	Md	3,42

Percentile	φ
5°	1,94
16°	2,51
25°	2,94
50°	3,42
75°	3,87
84°	4,44
95°	8,71

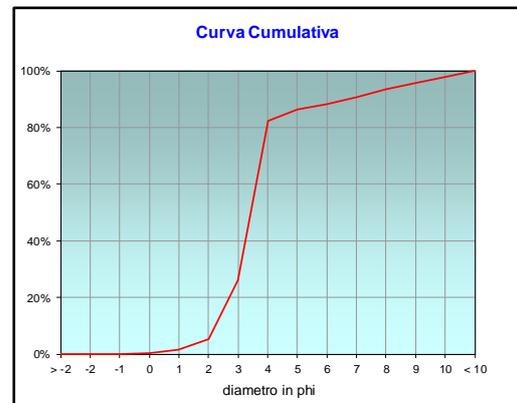
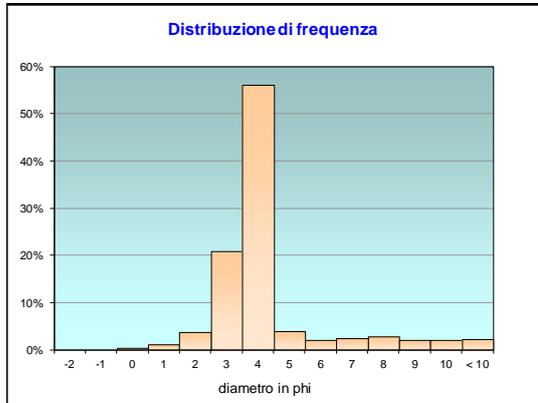
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,50	0	1000	0,32%	0,32%
	1,71	1	500	1,10%	1,43%
	5,93	2	250	3,82%	5,25%
	32,50	3	125	20,93%	26,18%
	87,09	4	62,5	56,10%	82,28%
Limo	6,12	5	31	3,94%	86,22%
	3,16	6	15,6	2,04%	88,26%
	3,74	7	7,8	2,41%	90,66%
	4,42	8	3,9	2,84%	93,51%
Argilla	3,26	9	2,0	2,10%	95,61%
	3,28	10	0,98	2,12%	97,72%
	3,53	< 10	< 0,98	2,28%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	82,28%	11,23%	6,49%

Note
22,05 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione B7

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	155,60
Peso umido (g)	P _u	218,78
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

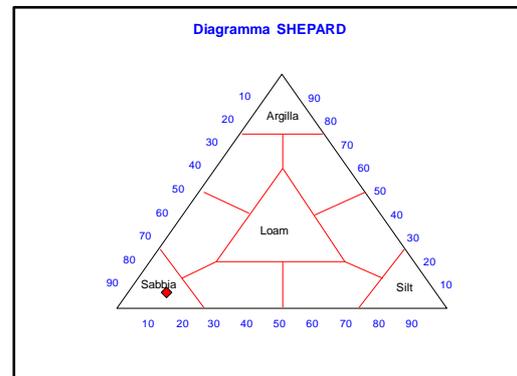
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,51
Classazione	σ _p	1,03
Asimmetria	S _{Kp}	0,06
Appuntamento	K _G	3,02
Mediana	Md	3,43

Percentile	φ
5°	1,94
16°	2,52
25°	2,95
50°	3,43
75°	3,88
84°	4,58
95°	8,79

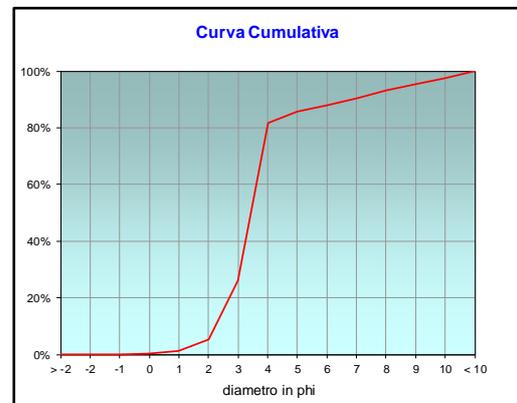
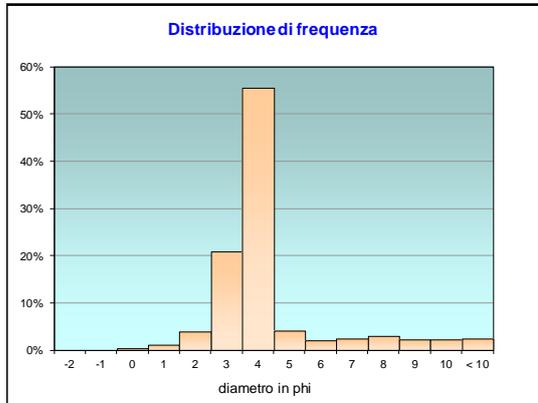
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,49	0	1000	0,31%	0,31%
	1,60	1	500	1,03%	1,34%
	6,07	2	250	3,90%	5,25%
	32,39	3	125	20,82%	26,06%
	86,49	4	62,5	55,58%	81,65%
Limo	6,35	5	31	4,08%	85,73%
	3,28	6	15,6	2,11%	87,84%
	3,88	7	7,8	2,49%	90,33%
	4,58	8	3,9	2,95%	93,28%
Argilla	3,38	9	2,0	2,17%	95,45%
	3,41	10	0,98	2,19%	97,64%
	3,67	< 10	< 0,98	2,36%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	81,65%	11,63%	6,72%

Note
20,79 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntamento	estremamente leptocurtica



Stazione B8

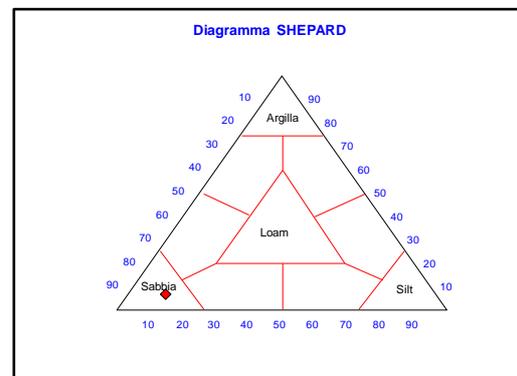
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	156,22
Peso umido (g)	P _u	221,28
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	3,48	5°	1,98
Classazione	σ _p	0,99	16°	2,52
Asimmetria	S _{Kp}	0,04	25°	2,94
Appuntimento	K _G	2,97	50°	3,43
Mediana	M _d	3,43	75°	3,87
			84°	4,50
			95°	8,75

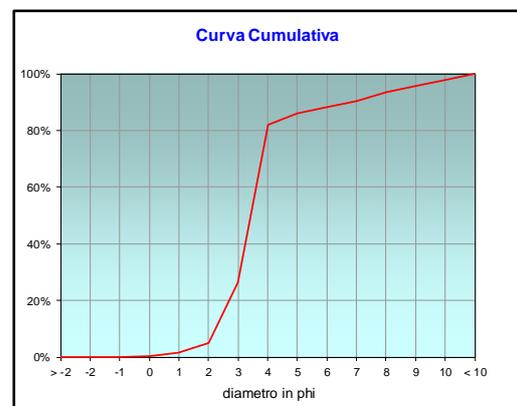
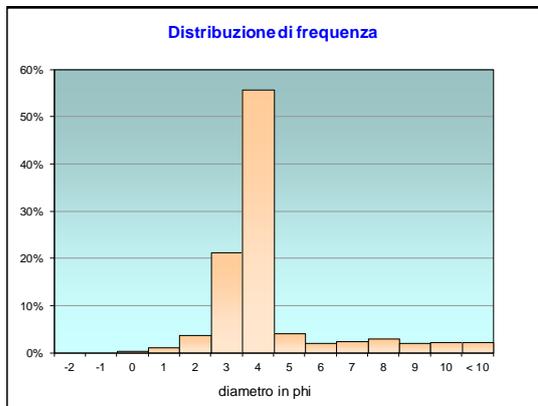
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,52	0	1000	0,33%	0,33%
	1,73	1	500	1,11%	1,44%
	5,69	2	250	3,64%	5,08%
	33,07	3	125	21,17%	26,25%
	87,06	4	62,5	55,73%	81,98%
Limo	6,26	5	31	4,01%	85,99%
	3,23	6	15,6	2,07%	88,06%
	3,82	7	7,8	2,45%	90,51%
	4,52	8	3,9	2,89%	93,40%
Argilla	3,34	9	2,0	2,14%	95,53%
	3,36	10	0,98	2,15%	97,68%
	3,62	< 10	< 0,98	2,32%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	81,98%	11,42%	6,60%

Note
21,11 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	molto leptocurtica



Stazione K1

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	160,98
Peso umido (g)	P _u	225,43
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

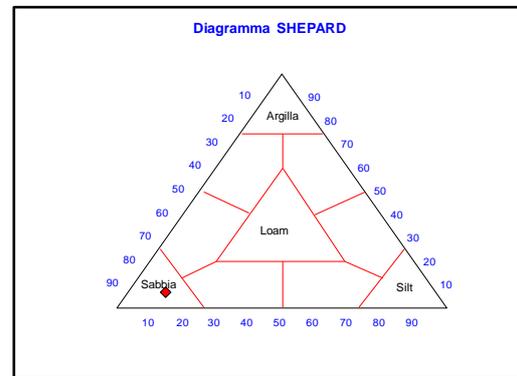
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,52
Classazione	σ _p	0,97
Asimmetria	S _{Kp}	0,06
Appuntimento	K _G	3,14
Mediana	Md	3,44

Percentile	φ
5°	2,08
16°	2,59
25°	3,01
50°	3,44
75°	3,88
84°	4,53
95°	8,76

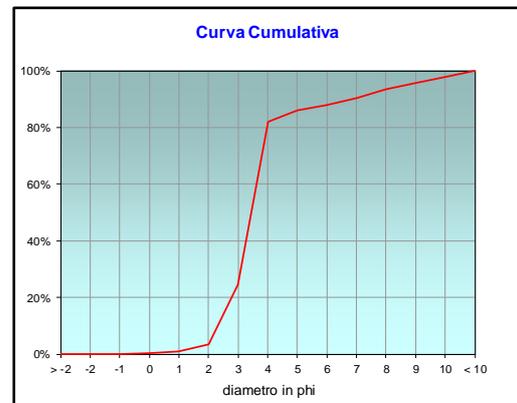
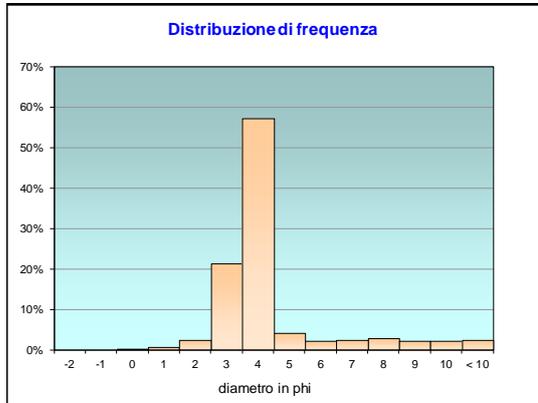
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,40	0	1000	0,25%	0,25%
	1,14	1	500	0,71%	0,96%
	3,87	2	250	2,40%	3,36%
	34,23	3	125	21,26%	24,62%
	92,16	4	62,5	57,25%	81,87%
Limo	6,49	5	31	4,03%	85,90%
	3,35	6	15,6	2,08%	87,99%
	3,96	7	7,8	2,46%	90,45%
	4,68	8	3,9	2,91%	93,36%
Argilla	3,46	9	2,0	2,15%	95,51%
	3,48	10	0,98	2,16%	97,67%
	3,75	< 10	< 0,98	2,33%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	81,87%	11,49%	6,64%

Note
15,9 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione K2

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	160,26
Peso umido (g)	P _u	223,93
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

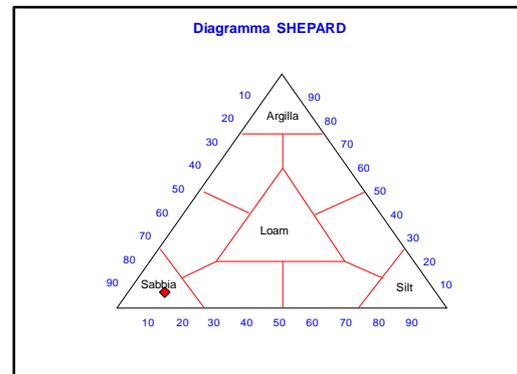
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,50
Classazione	σ _p	0,92
Asimmetria	S _{Kp}	0,05
Appuntamento	K _G	3,16
Mediana	Md	3,45

Percentile	φ
5°	2,08
16°	2,61
25°	3,02
50°	3,45
75°	3,88
84°	4,45
95°	8,73

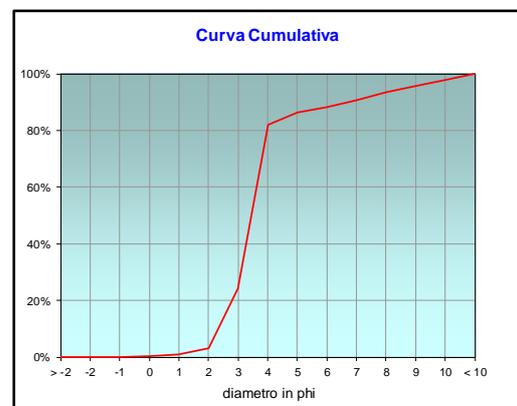
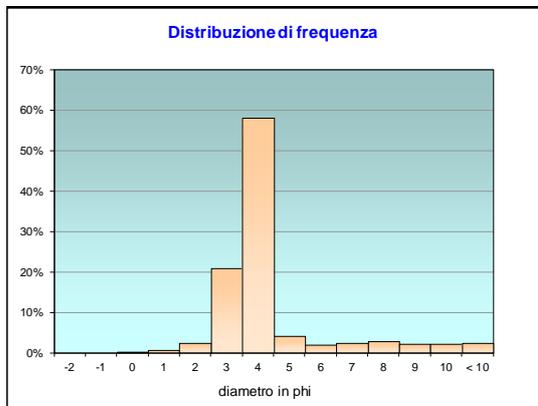
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,31	0	1000	0,19%	0,19%
	1,09	1	500	0,68%	0,87%
	3,80	2	250	2,37%	3,24%
	33,40	3	125	20,84%	24,08%
	93,03	4	62,5	58,05%	82,13%
Limo	6,69	5	31	4,17%	86,30%
	2,97	6	15,6	1,85%	88,16%
	3,89	7	7,8	2,43%	90,58%
	4,60	8	3,9	2,87%	93,45%
Argilla	3,39	9	2,0	2,12%	95,57%
	3,42	10	0,98	2,13%	97,70%
	3,68	< 10	< 0,98	2,30%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	82,13%	11,32%	6,55%

Note
14,62 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntamento	estremamente leptocurtica



Stazione K3

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	159,44
Peso umido (g)	P _u	221,84
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

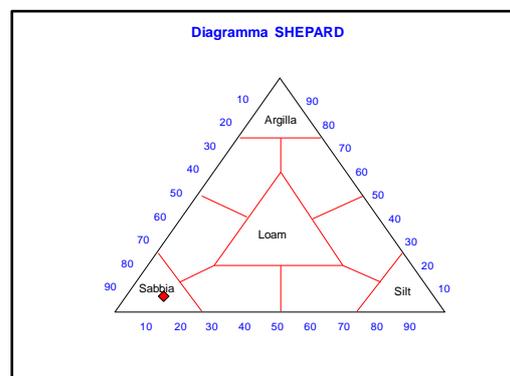
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,52
Classazione	σ _p	0,93
Asimmetria	S _{Kp}	0,05
Appuntimento	K _G	3,18
Mediana	M _d	3,45

Percentile	φ
5°	2,08
16°	2,62
25°	3,02
50°	3,45
75°	3,88
84°	4,48
95°	8,75

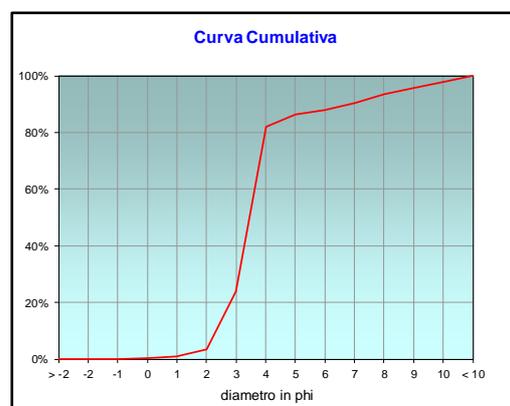
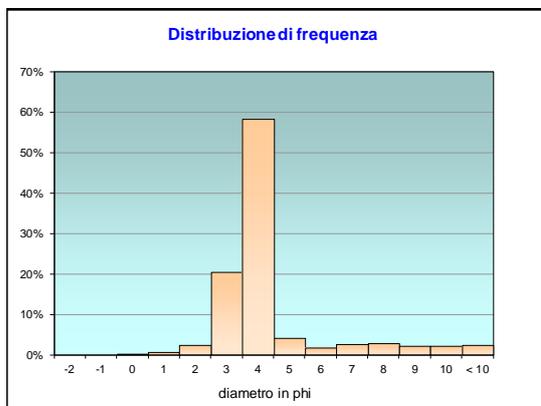
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,29	0	1000	0,18%	0,18%
	1,01	1	500	0,63%	0,82%
	3,91	2	250	2,45%	3,27%
	32,70	3	125	20,51%	23,78%
	92,81	4	62,5	58,21%	81,99%
Limo	6,71	5	31	4,21%	86,19%
	2,86	6	15,6	1,80%	87,99%
	4,02	7	7,8	2,52%	90,51%
Argilla	4,61	8	3,9	2,89%	93,40%
	3,40	9	2,0	2,13%	95,54%
	3,43	10	0,98	2,15%	97,69%
	3,69	< 10	< 0,98	2,31%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	81,99%	11,41%	6,60%

Note
14,15 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica



Stazione K4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	160,63
Peso umido (g)	P _u	225,27
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

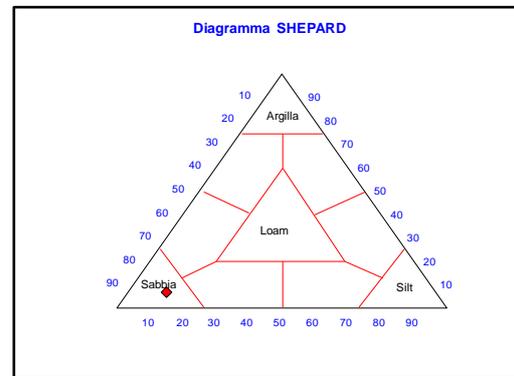
Parametri Statistici		
Media	M _p	3,51
Classazione	σ _p	0,96
Asimmetria	S _{Kp}	0,05
Appuntimento	K _G	3,11
Mediana	Md	3,44

Percentile	φ
5°	2,07
16°	2,59
25°	3,00
50°	3,44
75°	3,88
84°	4,51
95°	8,74

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,33	0	1000	0,20%	0,20%
	1,08	1	500	0,67%	0,88%
	4,09	2	250	2,55%	3,43%
	34,31	3	125	21,36%	24,78%
	91,39	4	62,5	56,89%	81,68%
Limo	7,37	5	31	4,59%	86,27%
	2,87	6	15,6	1,79%	88,06%
	4,02	7	7,8	2,51%	90,56%
	4,62	8	3,9	2,88%	93,44%
Argilla	3,41	9	2,0	2,12%	95,56%
	3,44	10	0,98	2,14%	97,70%
	3,70	< 10	< 0,98	2,30%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	81,68%	11,76%	6,56%

Note
15,06 g di materiale organogeno (conchiglie)



Classificazione	
Shepard	SABBIA
Wentworth	SA - FI - MA
Classazione	moderatamente classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	estremamente leptocurtica

