

OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

III rapporto annuale

Autunno 2015 (A15), Inverno 2016 (I16), Primavera 2016 (P16), Estate 2016 (E16)



Volume I

Rev. 1	16.12.16	Emissione definitiva			
Rev. 0	28.07.16	Emissione per commenti committente			
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

VOLUME I	10
1 INTRODUZIONE	11
1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto	11
1.2 Obiettivi fase di esercizio	11
2 MATERIALI E METODI	12
2.1 Attività e tempistiche	12
2.2 Area di indagine	12
2.3 COLONNA D'ACQUA	14
2.3.1 Profili idrologici	14
2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	14
2.3.3 Plancton	16
2.3.4 Saggi ecotossicologici	17
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida	17
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	17
<i>Dicentrarchus labrax</i>	18
<i>Paracentrotus lividus</i>	18
2.4 SEDIMENTI	18
2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	18
Analisi granulometriche	18
Analisi chimiche	19
Analisi microbiologiche	20
2.4.2 Saggi ecotossicologici	20
<i>Paracentrotus lividus</i>	20
<i>Corophium orientale</i>	20
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase solida	21
2.5 BIOTA	21
2.5.1 Macrozoobenthos	21
2.5.2 Meiobenthos	21
2.5.3 Bioaccumulo	22
2.5.4 Biomarkers	25
2.5.5 Fauna ittica bentonectonica	25
2.5.6 Fauna ittica pelagica	27
2.5.7 Cetacei e tartarughe marine	28
2.6 INDAGINI GENERALI	29
2.6.1 Misura del rumore	29
2.6.2 Bioacustica	33
3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2015	34
3.1 COLONNA D'ACQUA	34
3.1.1 Profili idrologici	34
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	37
3.1.3 Plancton	46
3.2 BIOTA	54
3.2.1 Macrozoobenthos	54
3.2.2 Bioaccumulo	58

3.2.3	Biomarkers	60
3.2.4	Cetacei e tartarughe marine	61
3.3	INDAGINI GENERALI	61
3.3.1	Misura del rumore.....	61
3.3.2	Bioacustica	67
4	RISULTATI SURVEY INVERNO 2016.....	68
4.1	COLONNA D'ACQUA.....	68
4.1.1	Profili idrologici	68
4.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	71
4.1.3	Plancton.....	80
4.1.4	Saggi eco tossicologici	88
	<i>Vibrio fischeri</i>	88
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	88
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	89
	<i>Paracentrotus lividus</i>	89
4.2	BIOTA.....	91
4.2.1	Macrozoobenthos	91
4.2.2	Meiobenthos	94
4.2.3	Bioaccumulo	101
4.2.4	Biomarkers	103
4.2.5	Fauna ittica bentonectonica.....	105
4.2.6	Cetacei e tartarughe marine	113
4.3	INDAGINI GENERALI	114
4.3.1	Misura del rumore.....	114
4.3.2	Bioacustica	119
VOLUME II	120
5	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2016.....	120
5.1	COLONNA D'ACQUA.....	120
5.1.1	Profili idrologici	120
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	120
5.1.3	Plancton.....	120
5.2	BIOTA.....	120
5.2.1	Macrozoobenthos	120
5.2.2	Bioaccumulo	120
5.2.3	Biomarkers	120
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine	120
5.3	INDAGINI GENERALI	120
5.3.1	Misura del rumore.....	120
5.3.2	Bioacustica	120
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2016	120
6.1	COLONNA D'ACQUA.....	120
6.1.1	Profili idrologici	120
6.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	120
6.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	120
6.1.4	Plancton.....	120

6.2	SEDIMENTI.....	120
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	120
6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento.....	120
6.3	BIOTA.....	120
6.3.1	Macrozoobenthos.....	120
6.3.2	Meiobenthos.....	120
6.3.3	Bioaccumulo.....	120
6.3.4	Biomarkers.....	120
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	120
6.3.6	Fauna ittica pelagica.....	120
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	120
6.4	INDAGINI GENERALI.....	120
6.4.1	Misura del rumore.....	120
6.4.2	Bioacustica.....	120
7	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO.....	120
7.1	COLONNA D'ACQUA.....	120
7.1.1	Profili idrologici.....	120
7.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	120
7.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	120
7.1.4	Plancton.....	120
7.2	SEDIMENTI.....	120
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	120
7.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento.....	120
7.3	BIOTA.....	120
7.3.1	Macrozoobenthos.....	120
7.3.2	Meiobenthos.....	120
7.3.3	Bioaccumulo.....	120
7.3.4	Biomarkers.....	120
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	120
7.3.6	Fauna ittica pelagica.....	120
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	120
7.4	INDAGINI GENERALI.....	120
7.4.1	Misura del rumore.....	120
7.4.2	Bioacustica.....	120
8	CONCLUSIONI.....	120

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Area di studio (sopra) e disposizione dei punti di campionamento (a destra) dove sono indicate tutte le attività previste nelle diverse stazioni, sebbene non tutte siano effettuate su base stagionale. La ripartizione temporale delle attività è riportata in tabella 4.....	13
Figura 2 - Area di studio in cui sono state effettuate le misurazioni del rumore, la bioacustica e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine, con indicate le stazioni a 10 km dal Terminale e in grigio i transetti circolari a 1, 3 e 6 NM di distanza dal terminale.....	28
Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.....	29
Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.....	30
Figura 5 - Schema dei tre tipi fondamentali di andamento che i raggi/coni acustici possono assumere nel piano range-depth al variare del profilo della velocità del suono con la profondità.....	32
Figura 6 - Profili di temperatura (°C).....	34
Figura 7 - Profili di salinità (ppt).....	34
Figura 8 - Diagramma T/S.....	34
Figura 9 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).....	35
Figura 10 - Profili di clorofilla tramite fluorescenza.....	35
Figura 11 - Profili di pH.....	35

Figura 12 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.....	35
Figura 13 – Profili di torbidità (NTU).....	35
Figura 14 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni A15 MG7 e A15 MG10.....	36
Figura 15 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).....	36
Figura 16 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).....	38
Figura 17 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).....	39
Figura 18 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.....	40
Figura 19 - Profili della concentrazione di clorofilla <i>a</i> tot, alle diverse stazioni.....	41
Figura 20 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea).....	43
Figura 21 - Profili verticali densità fitoplanctoniche totali (cell L ⁻¹ 10 ³).....	46
Figura 22 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.....	47
Figura 23 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, sipunculidi, picnogonidi.....	56
Figura 24 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.....	56
Figura 25 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.....	57
Figura 26 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.....	60
Figura 27 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.....	60
Figura 28 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (<i>score</i>) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.....	61
Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. L'elevato livello spettrale in tutta la banda indica presenza di rumore antropogenico (attività riconducibili ad imbarcazioni medio-piccole vicine).....	62
Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità. Anche in questo caso il livello di rumore è elevato per tutta la banda ed è attribuibile a presenza di imbarcazioni vicine.....	62
Figura 31 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. L'andamento è simile ai precedenti, ma con maggiori oscillazioni nella forma spettrale a frequenze maggiori di 16 kHz.....	62
Figura 32 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Livelli e forma dello spettro rivelano attività vicine.....	62
Figura 33 - Ricostruzione AIS del traffico intorno al Terminale al momento della misura S100 a 55 m. La freccia verde chiaro indica il rimorchiatore Corrado Neri ormeggiato a fianco del Terminale, che è indicato dalla freccia verde scuro.....	63
Figura 34 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55 m di profondità. Il livello è particolarmente alto a frequenze molto basse (sotto i 50 Hz) per poi calare dolcemente. Si può trattare di traffico navale di fondo. Rimane un "bounce" intorno ai 4 kHz. Interferenze non acustiche (picchi di armoniche) sopra i 15 kHz (evidenti anche nelle successive misure perché il rumore di fondo è ora relativamente basso in questa banda).....	63
Figura 35 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55 m di profondità. Livello elevato a bassissima frequenza, indice di traffico navale di fondo.....	63
Figura 36 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55 m di profondità. Il rumore cala alle bassissime frequenze, ma rimane elevato e quasi piatto tra i 70 e i 1000 Hz.....	64
Figura 37 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55 m di profondità. Livelli a bassa e media frequenza piuttosto elevati, indice di passaggio di imbarcazioni.....	64
Figura 38 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 42 m di profondità. Lo spettro è piatto fino a circa 1 kHz e poi cala velocemente per raggiungere un altro plateau da circa 5 kHz.....	64
Figura 39 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55 m di profondità. È evidente il passaggio di grandi navi lontane per il picco a bassissime frequenze. Qui sono assenti le interferenze elettromagnetiche che caratterizzano le misure precedenti.....	65
Figura 40 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55 m.....	65
Figura 41 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale.....	66
Figura 42 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5 m di profondità sulla direttrice Sud, assunto il profilo di velocità misurato in S1K (modello Bellhop).....	66
Figura 43 - Simulazione della Transmission Loss alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in Figura 42 (modello Bellhop) I valori a 100 e 1000 m di distanza orizzontale dalla sorgente a profondità 55 m sono evidenziati per poter permettere un confronto con i dati reali misurati (vd. Figura 40).....	67
Figura 44 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5 m di profondità, assunto il profilo di velocità misurato in E1K (modello Bellhop).....	67
Figura 45 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in Fig. 19 (modello Bellhop) sulla direttrice Est.....	67
Figura 46 – Profili di temperatura (°C).....	68
Figura 47 - Profili di salinità (ppt).....	68
Figura 48 – Diagramma T/S.....	68
Figura 49 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%)......	69
Figura 50 – Profili di clorofilla tramite fluorescenza.....	69
Figura 51 – Profili di pH.....	69
Figura 52 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.....	69
Figura 53 – Profili di torbidità (NTU).....	69

Figura 54 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni I16 MG7 e I16 MG10.	70
Figura 55 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).	70
Figura 56 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitriti), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	72
Figura 57- Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.	73
Figura 58- Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.	74
Figura 59 - Profili della concentrazione di clorofilla <i>a</i> tot, alle diverse stazioni.	75
Figura 60 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea).	77
Figura 61 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali ($cell\ L^{-1}\ 10^3$) nelle diverse stazioni.	80
Figura 62 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	81
Figura 63 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, Cnidari, Emicordati.	93
Figura 64 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	93
Figura 65 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	93
Figura 66 - Stazione I16 MG1. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	94
Figura 67 - Stazione I16 MG2. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	95
Figura 68 - Stazione I16 MG4. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	95
Figura 69 - Stazione I16 MG6. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	96
Figura 70 - Stazione I16 MG7. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	96
Figura 71 - Stazione I16 MG8. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	97
Figura 72 - Stazione I16 MG9. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	97
Figura 73 - Stazione I16 MG10. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	98
Figura 74 - Stazione I16 MG11. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	98
Figura 75 - Stazione I16 MG12. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	99
Figura 76 - Stazione I16 MG13. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	99
Figura 77 - Stazione I16 MG14. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	99
Figura 78 - A sinistra dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	101
Figura 79 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.	104
Figura 80 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	104
Figura 81 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (<i>score</i>) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.	104
Figura 82 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I16 P1-P4 e I16 PC.	106
Figura 83 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km ² e kg/km ² , dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I16 S1-S4 e I16 SC.	106
Figura 84 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I16 P1-P4 e per la stazione I16 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In verde scuro n. individui/1000m/24h, in verde chiaro kg/1000m/24h.	109
Figura 85 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I16 S1-S4 e per la stazione I16 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In marrone scuro n. individui/km ² , in marrone chiaro kg/km ²	110
Figura 86 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). Num. individui: 179 (I16 P1-P4), 56 (I16 PC).	110
Figura 87 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). Num. individui: 1127 (I16 S1-S4), 257 (I16 SC).	111
Figura 88 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). Num. individui: 70 (I16 S1-S4).	111
Figura 89 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus capelanus</i>). Num. individui: 64 (I16 S1-S4), 24 (I16 SC).	112
Figura 90 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (<i>Serranus hepatus</i>). Num. individui: 52 (I16 S1-S4).	112
Figura 91 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). Num. individui: 426 (I16 S1-S4), 43 (I16 SC).	112
Figura 92 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). Num. individui: 190 (I16 S1-S4).	113
Figura 93 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in inverno 2016 (I16) con i punti di avvistamenti.	113

Figura 94 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa), e rimane mediamente elevato per tutta la banda.....	114
Figura 95 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità. Le misure infatti sono prese a poca distanza temporale, oltre che spaziale.....	114
Figura 96 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In questo plot si evidenzia un innalzamento di livello tra 5000 e 16000 Hz, centrato intorno a 12000 Hz.....	115
Figura 97 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Come nelle figure precedenti, il picco è intorno a 30 Hz. Sono sempre presenti sopra i 17kHz righe spettrali dovute a interferenze elettromagnetiche dalla strumentazione di bordo.	115
Figura 98 - Ricostruzione AIS del traffico al momento delle misure a 100m, sono presenti l'NG Express e il Grecale Primo a distanza ravvicinata.	116
Figura 99 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55 m di profondità.....	116
Figura 100 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55 m di profondità. Il livello alle alte frequenze si stabilizza su valori bassi.....	116
Figura 101 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55 m.....	117
Figura 102 - Confronto dei profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale nell'inverno 2015.	117
Figura 103 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.	118
Figura 104 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.....	118
Figura 105 - Spettrogramma di un segmento di dati raccolti nella vicinanza del gruppo di tursiopi che stanno emettendo sequenze di click (biosonar) molto corti e ravvicinati tra loro.....	119
Figura 106 - Spettrogramma di un segmento di dati raccolti nella vicinanza del gruppo di stenelle che stanno emettendo sequenze di click (biosonar) e fischi molto corti e ravvicinati tra loro.....	119

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio.....	11
Tabella 2 - Calendario delle attività di campo svolte nel secondo (A15, I16, P16, E16) anno di esercizio e periodi di rigassificazione (send-out).....	12
Tabella 3 - Coordinate teoriche (WGS 84) dei punti di campionamento.....	13
Tabella 4 - Attività previste per ciascun punto di campionamento per ciascuna campagna. CTD=sonda multiparametrica, ME = Meiofauna, MA = Macrofauna, ACFEM = Acqua per analisi fisiche, chimiche, eco tossicologiche e microbiologiche, ACFM = Acqua per analisi fisiche, chimiche, e microbiologiche, P = Plancton, S = sedimenti per analisi fisiche, chimiche, eco tossicologiche.....	13
Tabella 5 - Specifiche dei sensori relativi alla sonda multiparametrica.....	14
Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. * Metodo usato a partire dall'estate 2016. ** Metodo usato a partire dall'inverno 2016.....	15
Tabella 7 - Elenco dei pigmenti determinati, sigla e raggruppamento tassonomico di appartenenza.....	16
Tabella 8 - Scala di tossicità relativa al test condotto con <i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricornutum</i> e <i>Dicentrarchus labrax</i>	17
Tabella 9 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento. * Metodo usato a partire dall'estate 2016.....	19
Tabella 10 - Scala di tossicità relativa a test ecotossicologico con <i>Corophium orientale</i> e <i>Vibrio fischeri</i> (sedimenti).....	20
Tabella 11 - Siti di monitoraggio condotto tramite l'utilizzo del bivalve <i>Mytilus galloprovincialis</i> . I mitili sono stati prelevati dall'impianto di maricoltura di La Spezia.....	23
Tabella 12 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su <i>M. galloprovincialis</i>	24
Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.....	26
Tabella 14 - Nuova codifica delle stazioni adottata dalla campagna Inverno 2016.....	27
Tabella 15 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche (E16).....	28
Tabella 16 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).....	37
Tabella 17 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	39
Tabella 18 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	40
Tabella 19 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).....	41
Tabella 20 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).....	42
Tabella 21 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	44
Tabella 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.....	44
Tabella 23 - Concentrazione degli idrocarburi totali ($\mu\text{g}/\text{l}$) presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.....	45
Tabella 24 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.....	45
Tabella 25 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell/ml).....	46
Tabella 26 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.....	47
Tabella 27 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.....	48
Tabella 28 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento A15.....	49
Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A15 MG6, A15 MG7, A15 MG10, A15 MG12 e A15 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).....	49
Tabella 30 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	52
Tabella 31 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.....	52

Tabella 32 – Meroplankton. O.le=orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	53
Tabella 33 – Ittioplankton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	54
Tabella 34 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno 2015 (A15).	54
Tabella 35 – Indici strutturali (+DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).	57
Tabella 36 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in mg/kg s.s. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo. Lr = Limite di Rilevabilità.	58
Tabella 37 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in mg/kg. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.	58
Tabella 38 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.	58
Tabella 39 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in µg/kg. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.	59
Tabella 40 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in ufc/g. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.	60
Tabella 41 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.	61
Tabella 42 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (µM).	71
Tabella 43 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.	73
Tabella 44 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.	74
Tabella 45 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).	75
Tabella 46 - Concentrazioni (mg m ⁻³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	76
Tabella 47 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.	78
Tabella 48 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	78
Tabella 49 - Concentrazione degli idrocarburi totali (µg/l) presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.	79
Tabella 50 Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.	79
Tabella 51 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ³)	80
Tabella 52 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni (da bottiglia) osservati.	82
Tabella 53 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	82
Tabella 54 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni (da retino) osservati durante il campionamento I16.	83
Tabella 55 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I16 MG6, I16 MG7, I16 MG10, I16 MG12 e I16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	83
Tabella 56 - Oloplankton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	85
Tabella 57 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplankton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.	86
Tabella 58 – Meroplankton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	87
Tabella 59 - Ittioplankton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	87
Tabella 60 - Parametri registrati nei campioni d'acqua testati (inverno 2016).	88
Tabella 61 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su campioni di acqua (incubazione 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20, EC50, effetto 15', effetto 30', espressi in %.	88
Tabella 62 - Risultati del test con <i>P.tricornutum</i> effettuato sui campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità.	89
Tabella 63 - Risultati del test con giovanili di <i>Dicentrarchus labrax</i> esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8.12-8.26, salinità ‰ range 37-38, temperatura 20,5±1 °C.	89
Tabella 64 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	90
Tabella 65 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno 2016 (I16).	91
Tabella 66 - Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J). Medie + Deviazione standard.	94
Tabella 67 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I16 MG1, I16 MG2, I16 MG4, I16 MG6, I16 MG7, I16 MG8. Densità media (+DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	95
Tabella 68 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I16 MG9, I16 MG10, I16 MG11, I16 MG12, I16 MG13, I16 MG14. Densità media (+DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	97
Tabella 69 - Indici strutturali relativi al popolamento meiobentonico calcolati sui valori medi di abbondanza. Numero di taxa (S), Numero medio di individui (N), Ricchezza di Margalef (d), Diversità di Shannon-Wiener (H'), Equitabilità di Pielou (J).	100

Tabella 70 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	101
Tabella 71 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I16 espressi in mg/kg s.s.	102
Tabella 72 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I16.	102
Tabella 73 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I16 sono espressi in µg/g (IPA) e in mg/kg (TBT, MBT, DBT).	102
Tabella 74 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I16 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stata usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.	103
Tabella 75 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I16 sono espressi in ufc/g.	103
Tabella 76 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia. Dati relativi alla campagna I16.	104
Tabella 77 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I16 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I16 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I16 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I16 PC = stazione di controllo.	105
Tabella 78 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (+ DS), espressi in n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni I16 P1-P4 e nella stazione di controllo I16 PC.	107
Tabella 79 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (+ DS), espressi in n. individui/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nelle stazioni I16 S1-S4 e nella stazione di controllo I16 SC.	108

LISTA DEGLI ACRONIMI

A13, A15, A15	Campagne effettuata nell'Autunno 2013, 2014 e 2015
Allo	Alloxantina
B	Bianco effettuato nell'estate 2012
BP	Secondo Bianco effettuato unicamente per lo studio della fauna ittica (settembre, 2013)
But-Fuco	Butanoiloxifucoxantina
CDOM	Chromophoric Dissolved Organic Matter o sostanza organica disciolta cromoforica
Chl b	Clorofilla b + Divinilclorofilla b
DIN	Azoto Inorganico Disciolto (nitriti + nitrati)
DO %	Percentuale di Ossigeno Disciolto
DVA	Divinilclorofilla a
E14, E15, E16	Campagne effettuate nell'estate 2014, 2015, 2016
Fuco	Fucoxantina
Hex-Fuco	Hesanoiloxifucoxantina
I14, I15, I16	Campagne effettuate nell'Inverno 2014, 2015, 2016
LAS	Sostanze otticamente attive
ORP	Potenziale di Ossido Riduzione
P14, P15, P16	Campagne effettuate nella Primavera 2014, 2015, 2016
PAR	Photosynthetic Available Radiation
Perid	Peridinina
POM	Particulate organic matter o frazione organica del particolato
Prasino	Prasinoxantina
PSDf	Power Spectral Density function
TSM	Total suspended matter o solidi sospesi
Zea	Zeaxantina
Zeu	Zona eufotica

VOLUME I



1 INTRODUZIONE

1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto

La Società OLT Offshore LNG Toscana S.p.A. (di seguito OLT) ha realizzato un terminale galleggiante per la rigassificazione di GNL (di seguito FSRU), a circa 12 miglia nautiche al largo delle coste toscane tra Livorno e Marina di Pisa.

Nell'ambito della procedura di Via il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (di seguito MATTM) dopo aver valutato la documentazione relativa, ha espresso giudizio positivo circa la compatibilità ambientale del progetto (Decreto DEC/DSA/01256 del 15/12/2004), prescrivendo (Prescrizione n.26) la predisposizione e l'esecuzione di un programma di monitoraggio ambientale marino da elaborare in accordo con l'Istituto Superiore per la Protezione Ambientale (di seguito ISPRA). I contenuti di tale prescrizione sono stati integrati con successivo Provvedimento MATTM DVA-2010-0025280 del 20/10/10 (Prescrizione 7).

Il Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino (di seguito anche Piano) circostante il Terminale è stato predisposto in conformità a quanto indicato nella Prescrizione n. 26 del Decreto VIA prot. DEC/DSA/01256 del 15/12/2004 e nella Prescrizione n. 7 del Provvedimento di Esclusione dalla VIA prot. DVA-2010-0025280 del 20/10/10. Il MATTM, di "concerto" con ISPRA, ha concluso positivamente la Verifica di Ottemperanza con l'emissione della Determinazione prot. DVA-2012-001592 del 15/5/2012.

La prima fase di monitoraggio (Bianco) ossia prima della realizzazione del Terminale è stata condotta tra agosto e settembre 2012, e conclusa successivamente (tra il 21 e il 28 settembre 2013) con il secondo survey relativo alla fauna ittica bentonectonica. Con determina prot. DVA – 2013 – 0030107 del 23/12/2013 il MATTM dichiara ottemperata la prescrizione 7 del Provvedimento di Esclusione dalla VIA prot. DVA-2010-0025280 del 20/10/10 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi alla fase ante operam (Bianco).

1.2 Obiettivi fase di esercizio

Il presente rapporto annuale, come richiesto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (DVA-2013-0030107 del 23/12/13), riporta i risultati delle attività di monitoraggio svolte durante il terzo anno di esercizio nell'ambito di 4 campagne di indagine, nonché il confronto con i dati acquisiti nella fase di Bianco e nei due precedenti anni di monitoraggio.

Come descritto nel piano, alcune attività di monitoraggio sono effettuate su base stagionale, mentre altre sono limitate ad uno o due survey annuali. Pertanto, sono individuabili 3 scenari operativi (campagna completa, campagna intermedia, campagna minima) i cui contenuti tecnici sono riassunti nella **Tabella 1**.

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio.			
	Campagna minima (Autunno, Primavera)	Campagna intermedia (Inverno)	Campagna completa (Estate)
COLONNA D'ACQUA			
Caratteristiche fisico-chimiche Analisi microbiologiche, solidi sospesi, sostanza organica, particellata clorofilla a, idrocarburi totali, tensioattivi, cloro derivati, nutrienti, d. pigmentaria	*	*	*
Profili idrologici Temperatura, conducibilità, pH, fluorescenza della clorofilla a, trasparenza, ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione, irradianza, irradianza spettrale	*	*	*
Fitoplancton	*	*	*
Oloplanton	*	*	*
Meroplancton	*	*	*
Ittioplancton	*	*	*
Saggi ecotossicologici <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricornutum</i> , <i>Dicentrarchus labrax</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>		*	*
SEDIMENTI			
Caratteristiche fisico-chimiche-microbiologiche Metalli pesanti, IPA, Cloroderivati, C. organo stannici, TOC, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche			*
Saggi ecotossicologici <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Corophium orientale</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>			*
BIOTA			
Meiobenthos		*	*
Macrozoobenthos	*	*	*
Bioaccumulo Metalli ed elementi in tracce, Idrocarburi Policiclici Aromatici, Cloroderivati, Composti organo stannici, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche	*	*	*

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio.			
	Campagna minima (Autunno, Primavera)	Campagna intermedia (Inverno)	Campagna completa (Estate)
Biomarkers	*	*	*
Alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomiale, Comet test, biologia delle branchie			
Fauna ittica bentonectonica (reti da posta, reti a traino di fondo)		*	*
Fauna ittica pelagica			*
Cetacei e tartarughe marine	*	*	*
INDAGINI GENERALI			
Bioacustica	*	*	*
Misura del rumore	*	*	*

2 MATERIALI E METODI

2.1 Attività e tempistiche

Le attività di campo sono state svolte a partire dall'autunno 2015 (A15) con cadenza trimestrale ossia nell'inverno 2016 (I16), primavera 2016 (P16), estate 2016 (E16) secondo il calendario riportato in **Tabella 2**.

L'ampia diversità delle attività da svolgere ha richiesto l'utilizzo di quattro differenti imbarcazioni di seguito descritte.

Le indagini ambientali (caratterizzazione delle acque e/o dei sedimenti) sono state condotte con M/N Grecale Primo, mentre per le misurazioni del rumore, la sorveglianza acustica e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine è stato utilizzato un catamarano a vela modello Nautitech 40' attrezzato per ricerche sui cetacei.

Lo studio della fauna ittica bentonectonica è stata condotta mediante rete a strascico e reti da posta con l'ausilio del M/P Donato Padre e del M/P Evolution. La fauna ittica pelagica è stata monitorata tramite l'impiego di reti da posta pelagiche utilizzando il M/P Evolution.

In **Tabella 2** la sintesi delle attività svolte con le diverse imbarcazioni.

Tabella 2 – Calendario delle attività di campo svolte nel secondo (A15, I16, P16, E16) anno di esercizio e periodi di rigassificazione (send-out).				
	Autunno 2015 – A15 (Campagna minima)	Inverno 2016 – I16 (Campagna intermedia)	Primavera 2016 - P16 (Campagna minima)	Estate 2016 E16 (Campagna completa)
Indagini ambientali	18.11.15-06.12.15	17.02.16-11.03.16	17.05.16-06.06.16	26.08.16-08.09.16
Emissioni acustiche e censimento visivo	27.11.15-08.12.15	10.03.16-18.03.16	25.05.16-06.06.16	07.09.16-14.09.16
Fauna ittica bentonectonica	-	26.02.16-12.03.16	-	26.08.16-09.09.16
Fauna pelagica	-	-	-	31.08.16-08.09.16
Periodi di rigassificazione				
Attività di <i>send out</i>	06.11.15 09.12.15 ed il 12 e 13.12.15	-	18.06.16-30.06.16	Dal 1 al 31.08.16 - dal 1 al 05.09.16

In **Tabella 2** sono inoltre riportati i periodi di rigassificazione (send-out). Dal confronto con i periodi di monitoraggio si evince che ci sono state sovrapposizioni tra il calendario delle attività di campo e quelle di *send out* durante il terzo anno di monitoraggio ambientale limitatamente alla campagna estiva (E16), dal 31 agosto 2016 al 5 settembre 2016.

In questo caso le attività di *send out* si sono sovrapposte alle indagini ambientali ed alle attività di monitoraggio della fauna bentonectonica e della fauna pelagica.

2.2 Area di indagine

In **Figura 1** è riportata l'area di studio e i punti di campionamento, mentre le coordinate sono riportate in **Tabella 3** e le attività previste per ciascun punto per ciascuna campagna in **Tabella 6**.

Si precisa che in **Tabella 3** sono riportate le coordinate teoriche. Durante il campionamento della fase di monitoraggio è stato ritenuto accettabile un margine di errore di posizionamento di 10-15 metri.

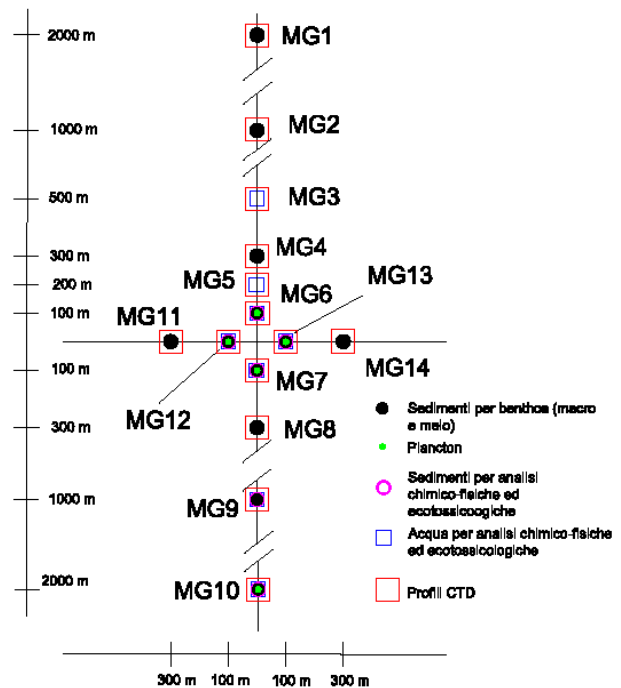
Rispetto alla fase di Bianco il cambiamento maggiore ha riguardato la stazione MG13 che ha subito uno spostamento di circa 37 metri. Il punto MG13 è comunque posizionato a 100 metri dal piano di rotazione del terminale.

Tale spostamento si è reso necessario per la presenza di strutture sottomarine come da comunicazione OLT Offshore all'autorità con lettera del 30 ottobre 2013 prot 748.

	Latitudine N	Longitudine E	Latitudine N	Longitudine E
MG1	43° 39,745'	9° 59,348'	MG8	43° 38,503'
MG2	43° 39,205'	9° 59,339'	MG9	43° 38,125'
MG3	43° 38,935'	9° 59,334'	MG10	43° 37,585'
MG4	43° 38,827'	9° 59,333'	MG11	43° 38,667'
MG5	43° 38,773'	9° 59,332'	MG12	43° 38,663'
MG6	43° 38,719'	9° 59,331'	MG13	43° 38,685'
MG7	43° 38,611'	9° 59,329'	MG14	43° 38,659'



Figura 1 - Area di studio (sopra) e disposizione dei punti di campionamento (a destra) dove sono indicate tutte le attività previste nelle diverse stazioni, sebbene non tutte siano effettuate su base stagionale. La ripartizione temporale delle attività è riportata in tabella 4.



Stazioni	Autunno 2014 (Campagna minima)	Inverno 2015 (Campagna intermedia)	Primavera 2015 (Campagna minima)	Estate 2015 (Campagna completa)
MG1	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG2	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG3	CTD, ACFM	CTD, ACFEM	CTD, ACFM	CTD, ACFEM
MG4	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG5	CTD, ACFM	CTD, ACFEM	CTD, ACFM	CTD, ACFEM
MG6	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG7	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG8	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG9	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG10	CTD, MA, ACFEM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFEM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG11	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG12	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG13	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG14	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA

Per quanto riguarda le tempistiche e le coordinate dei siti di studio relativi al monitoraggio delle emissioni acustiche, censimento visivo, indagini sulla fauna ittica e analisi (bioaccumulo e biomarkers) sui mitili (*Mytilus galloprovincialis*) si rimanda ai paragrafi di pertinenza.

2.3 COLONNA D'ACQUA

2.3.1 Profili idrologici

I profili idrologici sono stati eseguiti nelle quattro stagioni di indagine ossia su base trimestrale tramite sonda Idromarambiente, modello MAR-3 dotata di sensori specifici per la determinazione dei seguenti parametri: Temperatura, Conducibilità, Ossigeno, pH, Potenziale redox, Torbidità, Fluorescenza. Nella seguente tabella vengono riportate le specifiche dei sensori.

Tabella 5 - Specifiche dei sensori relativi alla sonda multiparametrica.
Pressione: tipo piezoresistivo, portata 0÷150 m, accuratezza 0,1 m
Temperatura: tipo Pt100, portata -2÷38 °C, accuratezza 0,01 °C
Conducibilità: tipo cella a 7 anelli, portata 0÷70 mS/cm, accuratezza 0,02 mS/cm
Ossigeno: tipo polarografico, portata 0÷300% di saturazione, accuratezza 1%
pH: tipo a cella di vetro, portata 2÷12, accuratezza 0,05
Redox: tipo a cella di vetro, portata -1000 ÷ +1000 mV, accuratezza 1 mV
Torbidità: portata 0÷100 NTU, accuratezza 0,05 NTU
Fluorescenza: portata 0÷50 mg/m ³ , accuratezza 0,05 mg/m ³

La sonda esegue la lettura contemporanea di tutti i parametri e provvede alla compensazione automatica delle misure effettuate.

I profili sono stati eseguiti in corrispondenza di 14 stazioni la cui posizione e relative coordinate sono riportate, rispettivamente, in **Figura 1** e **Tabella 3**. La sonda viene calata dalla superficie fino alla massima profondità possibile evitando di toccare il fondo fatto che causerebbe una improvvisa risospensione dei sedimenti falsando la misura in corso.

I **profili sottomarini** della Photosynthetic Available Radiation (PAR) quantica (400-700nm) sono stati acquisiti tramite sonda Biospherical PUV 510. Le calate sono state eseguite fino a circa 80m e contemporaneamente sono state eseguite misure di riferimento in aria.

La pendenza del profilo rappresenta l'attenuazione della PAR alle varie profondità (i diagrammi hanno ordinata orizzontale e ascissa verticale, così l'accostamento al lato destro della curva equivale ad una diminuzione di pendenza). La profondità alla quale la PAR si riduce all'1% di quella superficiale (profondità della zona eufotica, z_{eu}) costituisce una informazione fondamentale delle caratteristiche ottiche e biologiche delle acque. La maggior o minore profondità della zona eufotica, e quindi della trasparenza delle acque, dipende dalla presenza di materiale particellato (organismi e detrito di origine autoctona e alloctona e sedimenti in sospensione di natura prevalentemente minerale) e disciolto (essenzialmente organico). Per questo motivo è indispensabile avere contemporaneamente alle misure dell'irradianza e degli spettri le stime delle componenti otticamente attive, cioè TSM (Total Suspended Matter), CDOM (Sostanza Organica Disciolta Cromoforica), fitoplancton, come verrà di seguito descritto.

L'**irradianza spettrale** sottomarina è stata misurata con spettroradiometro Licor LI1800UW. Le misure sono state eseguite a diverse quote: spettro di riferimento in aria, radiazione discendente sottomarina a 5, 10, 25, 50, 70m e radiazione ascendente sottomarina a 5m. Congiuntamente a queste misure sono state eseguite misure quantiche contemporanee di riferimento della PAR (400-700nm) in aria con sensore coseno Licor LI192SA.

Gli spettri riportati sono stati normalizzati rispetto al loro massimo per evidenziarne le forme caratteristiche. Insieme agli spettri sono riportati i loro massimi che all'aumentare della profondità diminuiscono esponenzialmente, così come l'irradianza disponibile. Una caratteristica molto evidente è la modifica delle forme spettrali all'aumentare della profondità. L'irradianza, che in superficie è distribuita abbastanza equamente lungo tutto lo spettro, alle profondità di 50 e 70m e a 5m (considerando l'irradianza ascendente) si riduce praticamente ad una gaussiana centrata sulla λ_{max} che quindi rappresenta la radiazione meno attenuata e più penetrante. La λ_{max} passa da circa 450 nm dell'acqua pura a valori maggiori a seconda delle sostanze otticamente attive presenti in acqua: al verde quando domina l'assorbimento del fitoplancton, al giallo quando domina quello della CDOM (Sostanza Organica Disciolta Cromoforica).

Gli spettri della irradianza ascendente a 5m divisi per i loro rispettivi discendenti alla stessa profondità determinano lo spettro della riflettanza sub superficiale, proprietà ottica fondamentale negli studi di tele rilevamento.

2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

I campioni per la caratterizzazione della colonna d'acqua sono stati prelevati tramite bottiglie Niskin nelle quattro stagioni di indagine (A15, I16, P16, E16).

I campioni per le analisi fisiche e chimiche, sono stati prelevati in corrispondenza di 4 quote batimetriche (0,5 - 12,5 - 50 - 70m), come da progetto e refrigerati in attesa della consegna ai laboratori. Le analisi microbiologiche sono previste unicamente per i campioni prelevati in superficie. La determinazione del materiale particellato totale in sospensione (TSM o **solidi sospesi**) è stata effettuata raccogliendo il particellato su filtri (Whatman GF/F diametro 47 mm) dalla filtrazione di 3-4 L del campione prelevato da bottiglia. I filtri sono stati pesati dopo 12 h in stufa ad 80 °C prima e dopo la filtrazione, successivamente i filtri sono stati combusti a 450 °C per la determinazione delle ceneri e, per differenza, della frazione organica del particellato (POM). La determinazione è avvenuta tramite metodo gravimetrico. Il materiale particellato in sospensione (TSM) può essere di natura inorganica, derivante dalla risospensione di sedimenti o materiale di

erosione, oppure di natura organica e quindi costituito da organismi viventi, dai loro prodotti metabolici e dalla loro decomposizione, inoltre l'origine può essere marina (al largo di gran lunga prevalente) oppure terrestre.

Una quota dell'acqua filtrata (100 ml) è stata fissata in HgCl₂ 1% per le analisi dei **nutrienti inorganici disciolti** (nitriti, nitrati, ortofosfati, silicati) e un'altra quota (100 ml) è stata immediatamente analizzata per la determinazione della **sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)**. La CDOM, o sostanza organica disciolta cromoforica, è costituita da sostanze di varia provenienza (prodotti di degradazione e di escrezione, apporti terrigeni ecc.) ed è una sostanza otticamente attiva nel senso che ha un forte assorbimento nell'UV e nel blu rispetto a quello molto basso o nullo nel rosso. Gli assorbimenti (a) nell'UV o nel blu possono essere considerati come stime delle concentrazioni della CDOM espresse in m⁻¹.

I metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua sono riassunti nella **Tabella 6**.

Analisi microbiologiche

Le **analisi microbiologiche** per la ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali, sono state effettuate seguendo le seguenti metodologie.

Coliformi totali: APAT CNR IRSA 7010 C Manuale 29 2003

Coliformi fecali: APAT CNR IRSA 7020 B Manuale 29 2003

Streptococchi fecali (Enterococchi): APAT CNR IRSA 7040 C Manuale 29 2003

Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. * Metodo usato a partire dall'estate 2016. ** Metodo usato a partire dall'inverno 2016.			
Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Nutrienti inorganici	Spettrofotometria	µM	0,03
Sostanza organica disciolta	Spettrofotometria	m ⁻¹	0,04
Solidi sospesi	Metodo gravimetrico	g	0,00001
Clorofilla a	HPLC	mg m ⁻³	0,05
Idrocarburi totali	APAT CNR IRSA 5160 B2 Manuale 29 2003	µg/l	10
Idrocarburi totali	UNI EN ISO 9377-2:2002 *	µg/l	10
Tensioattivi anionici	APAT CRN IRSA 5170 Manuale 29 2003	mg/l	0,03
Tensioattivi non ionici	APAT CRN IRSA 5180 Manuale 29 2003	mg/l	0,03
Tensioattivi non ionici	UNI 10511-2:1996 + A1:2000**	mg/l	0,03
Acidi aloacetici			
Dalapon	EPA 552.3:2003	µg/l	0,5
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	0,5
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	2
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	0,5
Acido Bromodichloroacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	0,5
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	0,5
Acido Dichloroacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	2
Acido Tricloroacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	0,5
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	2
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3:2003	µg/l	2
Aloacetoniatri			
Dibromoacetoniitrile	EPA 551:1990	µg/l	0,05
Dicloroacetoniitrile	EPA 551:1990	µg/l	0,05
Tricloroacetoniitrile	EPA 551:1990	µg/l	0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	EPA 551:1990	µg/l	0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	EPA 551:1990	µg/l	0,05
Cloropicrina	EPA 551:1990	µg/l	0,5
Alometani e Composti Organici Volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
Carbonio Tetracloruro	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
Tricloro Etilene	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
Dicloro Bromo Metano	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
Tetracloro Etilene	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
Dibromo Cloro Metano	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
Bromoformio	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
1,2-Dibromo Etano	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 8260C:2006	µg/l	0,01
Alofenoli			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014**	µg/l	0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014**	µg/l	0,2

Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. * Metodo usato a partire dall'estate 2016. ** Metodo usato a partire dall'inverno 2016.

Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014**	µg/l	0,2
Pentaclorofenolo	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014**	µg/l	0,2

2.3.3 Plancton

Il piano di campionamento adottato per lo studio del plancton prevede il prelievo in corrispondenza di 5 stazioni (MG6, MG7, MG10, MG12, MG13) selezionate tra le stazioni delle analisi idrologiche. Per la disposizione dei punti e relative coordinate si rimanda alla **Figura 1** e alla **Tabella 3**.

2.3.3.1 Fitoplancton

Lo studio della componente fitoplanctonica è stato condotto attraverso il prelievo di acqua a quattro diverse quote batimetriche (0,5, 12,5, 50 e 70m). Il campionamento è stato eseguito tramite bottiglie tipo Niskin ed in ciascuna stazione sono stati prelevati 10 L di acqua marina. Parte del campione prelevato da bottiglia (3-4 L) è stata filtrata su filtri Whatman GF/F (Ø 45 mm) per la successiva estrazione in acetone e determinazione della **clorofilla a** e della diversità pigmentaria. La **clorofilla a** è stata determinata tramite spettrofotometro e tramite HPLC. I dati di seguito mostrati provengono dall'analisi in HPLC.

La **diversità pigmentaria** è stata determinata in HPLC. La diversità pigmentaria è rappresentata dalle concentrazioni di nove pigmenti diagnostici principali. Le concentrazioni dei pigmenti sono in relazione (oltre ad altri fattori eco-fisiologici) alla composizione delle comunità fitoplanctoniche ed ognuno dei pigmenti può essere utilizzato, pur essendo in alcuni casi presente in più gruppi tassonomici, come marker diagnostico privilegiato di un gruppo tassonomico. Nella **Tabella 7** sono specificati i pigmenti, la sigla di abbreviazione con cui verranno citati e la principale classe o gruppo tassonomico di appartenenza.

Tabella 7 - Elenco dei pigmenti determinati, sigla e raggruppamento tassonomico di appartenenza.

Pigmento	Abbreviazione	Principale Classe rappresentata
Clorofilla b + Divinilclorofilla b	Chl b	Clorophyta
Divinilclorofilla a	DVA	Cianobatteri <i>Prochlorococcus</i>
Zeaxantina	Zea	Cianobatteri <i>Synechococcus-like</i>
Peridinina	Perid	Dinoflagellati
Butanoiloxifucoxantina	But-Fuco	Dictyochophyceae, Chrysophyceae,
Fucoxantina	Fuco	Diatomee
Hesanoiloxifucoxantina	Hex-Fuco	Prymnesiophyceae Coccolitofori
Prasinoxantina	Prasino	Clorophyta Prasinophyceae
Alloxantina	Allo	Cryptophyceae

Una quota di 500 ml di campione tal quale è stata fissata con formalina neutralizzata (concentrazione finale 0,74%) per l'analisi qualitativa del fitoplancton. Per l'analisi qualitativa della composizione del microfitorplancton, per ogni stazione prevista per il campionamento del plancton, è stata effettuata una raccolta con campionamento verticale da -70m alla superficie, con retino con maglia di porosità 10µm; il campione prelevato dal bicchiere di raccolta, dopo un risciacquo con acqua di mare, è stato fissato con formalina neutralizzata (concentrazione finale 3%). Aliquote variabili sono state messe a sedimentare in camere combinate e osservate al microscopio inverso (Zeiss IM35, Zeiss IM, 400x) per il conteggio e la determinazione tassonomica del fitoplancton. Per la determinazione tassonomica sono stati utilizzati i principali testi citati in Zingone *et al.* (2010) e Avancini *et al.* (2006a).

2.3.3.2 Zooplancton

Lo studio della componente zooplanctonica è finalizzato alla identificazione dei popolamenti oloplanctonici, meroplanctonici ed ittioplanctonici. L'**oloplancton** include gli organismi che trascorrono l'intero ciclo vitale nel comparto pelagico, mentre il **meroplancton** comprende quegli invertebrati che trascorrono solo una parte della loro vita allo stadio planctonico, preceduto o sostituito in forma adulta da quello bentonico o nectonico. Le larve planctoniche di invertebrati bentonici in fase adulta (meroplancton) e di teleostei (**ittioplancton**) rappresentano la risorsa principale per la dispersione del benthos e per lo sviluppo del necton.

Lo studio è stato condotto tramite pesche orizzontali e pesche verticali a diverse profondità. L'oloplancton è stato campionato con retino standard WP-2, a chiusura con vuoto di maglia di 200µm, flussometro e specifico meccanismo di sgancio; meroplancton e ittioplancton con retino tipo WP-2, modificato, a chiusura, con vuoto di maglia di 335µm, anch'esso dotato di flussometro e meccanismo di sgancio. Ciò ha permesso agli operatori di selezionare la porzione di colonna d'acqua da analizzare.

In accordo alle metodiche standard relative allo studio del plancton marino, la velocità di traino del retino è stata di circa 1m/s (2 nodi). Ove possibile, per ridurre le tempistiche della campagna di studio, sono state fatte 2 pesche, utilizzando contemporaneamente i retini da olo e meroplancton. Per escludere errori di campionamento dei diversi gruppi planctonici, soggetti ad importanti migrazioni nictemerali, tutte le pesche orizzontali e le pesche verticali superficiali sono avvenute nelle ore comprese tra il tramonto e l'alba (Andersen *et al.*, 1992,

Andersen *et al.*, 1993). Gli altri campionamenti sono stati condotti durante le ore diurne. Per ogni campione sono state registrate le principali condizioni meteo-marine: stato del mare, forza del vento e copertura del cielo.

I campionamenti verticali sono stati effettuati in 4 stazioni MG6, MG7, MG12 e MG13 (ubicata a 100m dal sito di posizionamento del terminale, nelle quattro direzioni cardinali) ed 1 stazione di controllo (MG10) a circa due miglia dal punto di posizionamento del rigassificatore. I campioni sono stati prelevati dal fondo a -50m e da -50m alla superficie (- 1m). Per lo studio del meroplancton e dell'ittioplancton sono state effettuate due repliche. I campionamenti orizzontali sono stati realizzati nelle medesime stazioni trainando il retino per 15 minuti, alla profondità di -0,5 -1m.

I campioni biologici totali sono 75; 15 oloplanctonici (5 orizzontali, 10 verticali), 30 meroplanctonici (10 orizzontali, 20 verticali), 30 ittioplanctonici (10 orizzontali, 20 verticali). Per il solo campione oloplanctonico vengono registrati anche i dati relativi alla stima della biomassa con il metodo volumetrico di misura per sedimentazione in cilindri graduati da 100ml dopo 24 ore (Camatti e Ferrari in ISPRA, 2010). La scelta del metodo, rispetto alle indagini biochimiche o al calcolo della biomassa attraverso peso secco e/o umido, è preferibile in quanto, trattandosi del campione di controllo la metodologia conservativa permette di preservare in toto l'intero campione. Tutti i valori sono espressi come numero di individui per metro cubo di acqua filtrata. Per l'identificazione dello zooplancton sono stati utilizzati i seguenti testi: Avancini M. *et al.*, 2006; Bertolini F. *et al.*, 1931-1956; Dos Santos A. e Lindley J.A., 2001; Dos Santos, A. e Gonzalez-Gordillo J.I., 2004; Ghirardelli E. e Gamulin T., 2004; Olivar M.P. e Fortuño J.M., 1991; Pessani D. *et al.*, 2004; Ré P. e Meneses I., 2008; Thiriout A., 1974; Trégouboff G. e Rose M., 1957.

Per quanto riguarda il meroplancton si è provveduto ad analizzare parte del campione in vivo e parte fissato in formalina al 4%.

L'osservazione del campione in vivo è utilizzata per ovviare all'alterazione di alcuni caratteri distintivi dell'animale dovuti al fissaggio con la formalina, quali perdita di arti od altre strutture indispensabili per l'identificazione; la decolorazione in alcune fasi larvali.

I risultati sono presentati congiuntamente in un'unica tabella in quanto il popolamento è la somma delle due frazioni.

2.3.4 Saggi ecotossicologici

Il prelievo delle acque per i test eco tossicologici è stato effettuato nell'inverno 2016 e nell'estate 2016 tramite bottiglia Niskin in 6 stazioni (MG3, MG5, MG6, MG7, MG13, MG12) più due controlli (MG9, MG10). I punti coincidono con quelli scelti per la caratterizzazione della colonna d'acqua (

Figura 1). In questo caso però i test sono stati eseguiti in corrispondenza di 3 livelli batimetrici (0,5 - 12,5 - 50m). Per le coordinate si rimanda alla **Tabella 3**. In assenza di una normativa ad hoc, per la valutazione della tossicità si fa riferimento alla **Tabella 8** utilizzata per gli elutriati (fase acquosa) per i saggi condotti con *V. fischeri*, *P. lividus*, *P. tricornutum* e *D. labrax* ed indicata nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (ICRAM, 2007).

Tabella 8 - Scala di tossicità relativa al test condotto con <i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricornutum</i> e <i>Dicentrarchus labrax</i> .							
<i>Paracentrotus lividus</i>		<i>Vibrio fischeri</i>		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>		<i>Dicentrarchus labrax</i>	
EC20/50	Tossicità	EC20/50	Tossicità	EC20/50	Tossicità	EC20/50	Tossicità
EC20 ≥ 90%	Assente	EC20 ≥ 90%	Assente	EC20 ≥ 90%	Assente	EC20 ≥ 90%	Assente
EC20 < 90%, EC50 > 100%	Bassa	EC20 < 90%, EC50 ≥ 90%	Bassa	EC20 < 90%, EC50 ≥ 100%	Bassa	EC20 < 90%, EC50 ≥ 100%	Bassa
40% ≤ EC50 < 100%	Media	20% ≤ EC50 < 90%	Media	40% ≤ EC50 < 100%	Media	40% ≤ EC50 < 100%	Media
EC50 < 40%	Alta	EC50 < 20%	Alta	EC50 < 40%	Alta	EC50 < 40%	Alta

Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase liquida

Vibrio fischeri è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle Vibrionaceae. 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 ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità acuta della sostanza o della matrice testata. Il saggio biologico è stato applicato all'acqua di mare filtrata a 0,45µm.

Procedimento del test – Sono state adottate le procedure previste dal protocollo UNI EN ISO 11348:2009 e dal protocollo "Basic" (Azur Environmental, 1995), a partire da una concentrazione del 90% del campione di acqua, con la sostituzione dei diluenti standard (NaCl al 3,5%) con acqua marina naturale. Tale modifica al protocollo originale è stata apportata poiché l'acqua di mare fornisce un ambiente osmotico e fisiologico più idoneo all'attività metabolica dei batteri rispetto al diluente standard e consente di ottenere, pertanto, risultati più verosimili nello studio di ambienti marino-salmastri. 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 (e/o l'EC20), cioè la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% (20%).

Phaeodactylum tricornutum

Phaeodactylum tricornutum Bohlin è una diatomea appartenente al gruppo delle Bacillarioficee, ordine delle Pennales.

Procedimento del test – Il principio del test, di tipo cronico, consiste nell'esporre una coltura algale pura in fase esponenziale per diverse generazioni a concentrazioni note di campione, in condizioni fisico-chimiche standardizzate e con un definito ed omogeneo apporto di nutrienti. È stato adottato il protocollo ISO 10253:2006. Al termine del periodo d'incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo. Il test è stato condotto su campioni della colonna d'acqua. Come terreno di coltura, controllo e diluente

è stata impiegata acqua di mare naturale, arricchita con lo stock di nutrienti indicato dal protocollo e sterilizzata tramite filtrazione su membrana da 0,45mm.

Un'aliquota di sospensione algale proveniente da una coltura pura in fase di crescita esponenziale è stata conteggiata automaticamente tramite lo strumento camera di Burkner e diluita in acqua marina, fino ad ottenere una densità di 1.000.000 cell/ml.

Il saggio biologico è stato organizzato con 3 repliche di ogni campione in beute da 50ml.

Sono state effettuate n. 5 diluizioni scalari (1:2) e ogni beuta è stata inoculata in modo da ottenere una densità iniziale di cellule pari a 10.000 cellule/ml. Le beute sono state successivamente incubate per 72 h in camera termostatica a 20 ± 2 °C, con regime di illuminazione continua del tipo cool white e con una intensità compresa tra 7.000 e 8.000 lux (ISO, 10253). La densità algale dei campioni è stata determinata al termine delle 72h.

Ceppo algale: CCAP 1052/1, proveniente da Centre Collection of Algae and Protozoa, SAMS Research Services Ltd, Dunstaffnage Marine Laboratory, OBAN, Argyll PA37 1QA, Scotland.

Dicentrarchus labrax

I saggi sono stati condotti in accordo con la metodica OCSE n. 203 (Fish Acute Toxicity Test), con le modificazioni relative alla specie indicate in "Applicazione di saggi biologici su acque e sedimenti marini utilizzando stadi larvali e giovanili di branzino (*Dicentrarchus labrax* L.)" (ARPA Ferrara, http://www.arpa.emr.it/ferrara/sito_fad_web/intromod3.htm) e le linee guida indicate nel D.D. 23/12/2002.

Sono stati utilizzati giovanili (dimensioni 47 ± 8 mm in inverno 2015 e dimensioni 58 ± 9 mm in estate 2015) di *D. labrax*, provenienti da una avannotteria commerciale in un test di mortalità a 96h. I campioni di acqua sono stati utilizzati al 100% (senza diluizione, in triplicato). Il controllo, ugualmente in triplicato, è stato effettuato utilizzando acqua di mare naturale. In caso di mortalità superiore al 10 % (limite di mortalità accettabilità nel controllo) è prevista l'esecuzione di un test completo con diluizioni scalari alla ricerca dei parametri ecotossicologici LC20/50. Sebbene non siano disponibili indicazioni ufficiali e normative, come tossico di riferimento è stato utilizzato il sodio laurilsolfato (SLS), come indicato nella metodica ARPA Ferrara.

Paracentrotus lividus

Il test d'embriotossicità è basato sulla capacità degli zigoti (uova fecondate) di raggiungere lo stadio di pluteo durante l'esposizione per 48/72 ore alla matrice acquosa testata. L'assenza o una riduzione significativa dei plutei (presenza degli stadi inferiori al pluteo) e/o la presenza di plutei anomali dimostra la tossicità cronica della matrice testata. Prima dell'allestimento del test sono misurati i seguenti parametri dell'acqua: pH e la salinità.

Procedimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche, secondo il protocollo integrato EPA/600/R-95/136. L'emissione dei gameti maschili e femminili è stata provocata mediante l'iniezione di 0,5ml di KCl 1M nella cavità celomatica degli organismi. Lo sperma (minimo da tre maschi) è stato raccolto "a secco" e conservato fin al suo utilizzo a 4°C. Le uova (minimo da tre femmine) sono state raccolte "a umido" separatamente da ogni femmina e dopo la valutazione della loro maturità, sono state unite e diluite in acqua di mare naturale filtrata alla concentrazione richiesta dal test (200 uova/ml). La soluzione di uova è stata conservata a 16 ± 2 °C. La concentrazione dello sperma è stata determinata in camera di conta (Thoma). Sulla base del conteggio è stata preparata la sospensione dello sperma stimando il rapporto predefinito tra uovo e sperma (1:15000). Nel test di embriotossicità, gli zigoti sono stati esposti a concentrazioni crescenti degli elutriati (100, 50 e 25%). In ogni provetta è stato aggiunto 1ml della soluzione d'uova fecondate alla concentrazione 200 zigoti/ml. Le provette sono state incubate per 72 ore alla temperatura di 16 ± 2 °C. Il processo di sviluppo embrionale è stato bloccato con l'aggiunta di 1 ml del formaldeide. Al microscopio sono stati contati 100 embrioni e calcolata la percentuale dei plutei regolari in ogni provetta.

Stima della tossicità - Al fine di calcolare la percentuale degli embrioni che non hanno raggiunto lo stadio di pluteo, è stata applicata la correzione di "Abbott" secondo la seguente formula:

$$(x - y) * 100 * (100 - y)^{-1}$$

x = % embrioni che non hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel campione da testare; y = % dei plutei nel controllo.

In assenza di una normativa ad hoc, per la valutazione della tossicità si fa riferimento a quella utilizzata per gli elutriati (fase acquosa) (Tabella 8).

2.4 SEDIMENTI

Il sedimento per le analisi fisiche, chimiche, ecotossicologiche e microbiologiche è stato campionato nell'estate 2014 mediante box corer, prelevando da ciascun campione i primi 2cm. Il prelievo dei sedimenti è stato effettuato in 4 stazioni (MG6, MG7, MG13, MG12) e due controlli (MG9, MG10). Per la disposizione dei punti e relative coordinate si rimanda alla **Figura 1** e alla **Tabella 3** rispettivamente.

2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometriche

I campioni di sedimento sono stati pesati tal quali per la determinazione del peso umido con una bilancia elettronica tipo "Europe". Sono stati quindi messi in stufa a 110°C per almeno 24 h. Ad essiccazione completa 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 63µm. 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 ad indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000µm, 2000µm, 1000µm, 500µm, 250µm, 125µm, 63µm). 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 sono state analizzate tramite metodo gravimetrico.

Analisi chimiche

Per la determinazione dei **metalli** (escluso il mercurio) la mineralizzazione del sedimento è stata effettuata seguendo la metodica EPA 3051/A (edizione corrente del Febbraio 2007) su circa 0,45 grammi di sostanza secca (pesati allo 0,1 mg), mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 9 ml di HNO₃ concentrato e 3 ml di HCl concentrato. Al termine della mineralizzazione i campioni vengono filtrati e portati a volume finale (25ml) utilizzando acqua Millipore. L'accuratezza delle procedure di digestione (ove effettuata) e di analisi dei campioni è stata verificata con i materiali standard di riferimento (LGC 6137 o MESS-3 o BCR 320R); le tarature degli strumenti sono effettuate con soluzioni standard certificate e tracciabili NIST. Si precisa che la lista dei composti **cloroderivati** è stata fornita da ISPRA dopo l'approvazione del piano. La lista completa degli analiti ricercati e relativi metodi sono riportati in **Tabella 9**.

Tabella 9 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento. * Metodo usato a partire dall'estate 2016.			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Idrocarburi C>12	EPA 3545A 2007 + EPA 3620C 2007 + EPA 8015C 2007	mg/kg	1,5
Idrocarburi C>12	ISO 16703:2004*	mg/kg	1,5
Idrocarburi C<12	EPA 5021A 2003 + EPA 8015C 2007	mg/kg	0,5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA 3545A 2007 + EPA 3640A 1994 + EPA 8270D 2007	mg/kg	0,001
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014*	mg/kg	0,001
Total Organic Carbon (TOC)	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met VII.3	mg/kg	100
Total Organic Carbon (TOC)	UNI EN 13137:2002 (Metodo B)*	mg/kg	100
Alluminio (Al)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010C:2007	%	0,03
Bario (Ba)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Cromo totale (Cr tot)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Ferro (Fe)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010C:2007	%	0,03
Manganese (Mn)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010C:2007	mg/kg	12,5
Nichel (Ni)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Rame (Cu)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Zinco (Zn)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Arsenico (As)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Cadmio (Cd)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01
Piombo (Pb)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Mercurio (Hg)	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
Acidi aloacetici			
Dalapon	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,4
Acido Dibromoacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,2
Acido Tribromoacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	5
Acido Monobromoacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,4
Acido Bromodichloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,4
Acido Bromocloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,4
Acido Dichloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	1,6
Acido Tricloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,2
Acido Monocloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	1,2
Acidi aloacetici (per tutti gli analiti sopra indicati)	MI/C/10*		
Alometani, aloacetoniitrili, composti organici volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
1,1,1-Tricloroetano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tetracloruro di carbonio	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tricloroetilene	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Bromodichlorometano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
1,1,2-Tricloroetano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tetracloroetilene	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Bromoformio	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Dibromoclorometano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
1,2-Dibromoetano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tricloroacetoniitrile	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tricloroacetoniitrile	MI/C/11*	ug/kg	0,05

Tabella 9 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento. * Metodo usato a partire dall'estate 2016.			
Metodo		Unita Misura	Limite Rilevabilità
Dicloroacetoneitrile	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Dicloroacetoneitrile	MI/C/11*	ug/kg	0,05
1,1-dicloro-2-propanone	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,5
1,1-dicloro-2-propanone	MI/C/11*	ug/kg	0,5
1,2,3-Tricloropropano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Dibromoacetoneitrile	EPA 8260C 2006	ug/kg	5
Dibromoacetoneitrile	MI/C/11*	ug/kg	5
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,2
1,1,1-Tricloro-2-propanone	EPA 8260C 2006	ug/kg	1
1,1,1-Tricloro-2-propanone	MI/C/11*	ug/kg	1
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 8270D:2007	mg/kg	0,001
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 8270D:2007	mg/kg	0,001
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 8270D:2007	mg/kg	0,001
Alofenoli (SVOC) (per tutti gli analiti sopra indicati)	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014*	mg/kg	0,001

Analisi microbiologiche

La ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali sono state effettuate seguendo le seguenti metodologie.

Coliformi totali: CNR IRSA 3.1 Q 64 Vol 1 1983 + APAT CNR IRSA 7010 B Manuale 29 2003.

Coliformi totali: Rapporti ISTISAN 14/18 Protocollo ISS F 011D Rev. 00.

Coliformi fecali: CNR IRSA 3.2 Q 64 Vol 1 1983 + APAT CNR IRSA 7020 A Manuale 29 2003.

Coliformi fecali: IRSA CNR Metodo A.

Streptococchi fecali (Enterococchi): CNR IRSA 1, 3.3 Q 64 Vol.1 1983.

Streptococchi fecali (Enterococchi): IRSA CNR Metodo A.

2.4.2 Saggi ecotossicologici

Paracentrotus lividus

Il test d'embriotossicità è stato effettuato sull'elutriato.

Gli elutriati vengono preparati dai sedimenti freschi secondo il protocollo EPA 823-B-98-004. February 1998. Un'aliquota del sedimento da testare è unita con il volume calcolato dell'acqua di mare naturale filtrata in rapporto 1:4. Le sospensioni ottenute sono poste in agitazione per 1 ora e in seguito centrifugate a temperatura di 10°C per 20' a 3000rpm. Il soprannatante, che rappresenta l'elutriato, è prelevato e conservato alla temperatura di -30°C. Prima dell'allestimento del test sono stati misurati i seguenti parametri dell'elutriato: pH e la salinità. Procedimento del test - Il test è stato condotto con le stesse procedure descritte per il test di embriossicità condotto sull'acqua (EPA/600/R-95/136).

La tossicità degli elutriati è stata stimata sulla base dei valori di EC20 ed EC50, calcolati con i metodi Trimmed Spearman-Kärber e Probit. Per la stima della tossicità vedi **Tabella 8**.

Corophium orientale

Il principio di questo disaggio, consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 28 giorni al sedimento tal quale, con la finalità di stimarne la percentuale di mortalità. Gli anfipodi sono stati campionati setacciando il sedimento (setaccio a maglia di 0,5 mm) per selezionare organismi giovani (~4mm) idonei per il test, scartando gli individui maturi e quelli di taglia minore (< 4mm). Gli anfipodi selezionati vengono portati in laboratorio ed acclimatati alle seguenti condizioni: Temperatura dell'acqua: 16 ± 2°C; Salinità: 36 ± 2 ‰; Illuminazione: continua; O₂ disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento: > 60 %.

Procedimento del saggio - Il saggio è allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005, EPA/600/R-94/025). Circa 200cc di sedimento da testare vengono introdotti all'interno di un barattolo da 1 litro e vengono aggiunti circa 750cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche e in ciascun barattolo sono stati inseriti 25 individui.

Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Dopo 28 giorni il contenuto di ogni becker è stato setacciato (500 µm) e gli organismi vivi contati. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento. La sensibilità degli organismi (96 h LC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 ore a concentrazioni crescenti di CdCl₂ (0,8 mg/l; 1,6 mg/l; 3,2 mg/l; e 6,4 mg/l).

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto. Per la stima della tossicità vedi **Tabella 10**.

Tabella 10 - Scala di tossicità relativa a test ecotossicologico con <i>Corophium orientale</i> e <i>Vibrio fischeri</i> (sedimenti).			
<i>Corophium orientale</i>		<i>Vibrio fischeri</i>	
EC20/50	Tossicità	Sediment Toxicity Index	Tossicità
M ≤ 15%	Assente	0<S.T.I.≤ 1	Assente
15% < M ≤ 30%	Bassa	1<S.T.I.≤ 3	Bassa
30% < M ≤ 60%	Media	3<S.T.I.≤ 6	Media
M > 60%	Alta	6<S.T.I.≤ 12	Alta

Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase solida

Il saggio biologico è stato applicato al sedimento tal quale, seguendo la metodica Microtox Solid Phase Test (SPT) indicata in "Metodologie analitiche di Riferimento, ICRAM, 2001 – APPENDICE 2 Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida: la normalizzazione pelitica, Onorati et al. 2001."

In sintesi i batteri sono stati esposti in 35ml di acqua di mare naturale per 20 minuti in agitazione (T 15 °C) a 7g di sedimento umido. N. 2 aliquote di 1,5ml sono state prelevate con una pipetta con un puntale del diametro di 1mm, passate in una colonna filtro: su tale frazione acquosa è stato condotto il test, attraverso l'applicazione di 13 diluzioni scalari e 3 controlli.

I valori di EC50 in mg/l sono stati normalizzati per il peso secco del sedimento. Successivamente il valore di EC50 è stato convertito da mg/l in percentuale; tale valore è stato poi trasformato in unità tossiche (TU=100/EC50). Ai fini del calcolo del Sediment Toxicity Index (STI) è stato necessario anche calcolare la tossicità naturale stimata attraverso l'algoritmo di correzione pelitica: $y=0.28+2.728 \cdot \%pelite$ (sulla frazione < 1mm). Per le analisi è stato utilizzato il lotto batterico n. 14A4003 (scadenza 01/2016, ECOTOX s.r.l., Pregnana Milanese, MI). Per la stima della tossicità vedi **Tabella 10**.

Prima dell'analisi, la taratura dello strumento e la qualità dei batteri sono state controllate con il tossico di riferimento (fenolo); il valore di EC50 dopo 5 minuti è risultato 19,26mg/l (valori di riferimento EC50=13-26mg/l, metodica ISO 11248-3 2007).

I batteri sono stati inoltre testati con un'altra sostanza di riferimento (Cu⁺⁺): i valori EC50 a 5 minuti di 0.86 mg/l e di 0.49 mg/l a 15 minuti sono rientrati all'interno del range di riferimento relativo al test Microtox® (0,42 – 1,16mg/l e 0,03 – 0,75mg/l rispettivamente per il test a 5 e 15 minuti) UNICHIM (Onorati *et al.*, 2007).

2.5 BIOTA

2.5.1 Macrozoobenthos

Il campionamento dei sedimenti per la caratterizzazione di popolamenti macrobentonici è stato effettuato nelle quattro stagioni (A-15, I-16, P-16, E-16) tramite benna Van Veen (con volume pari a 25 litri e superficie di campionamento di 0,1m² in corrispondenza di 4 stazioni prossime al terminale (MG13, MG12, MG6, MG7) e ulteriori 8 poste a distanze maggiori per verificare il raggio di influenza del terminale stesso (MG4, MG8, MG9, MG10, MG11, MG14, MG1, MG2). Per la disposizione dei punti e relative coordinate si rimanda alla **Figura 1** e alla **Tabella 3** rispettivamente. Ciascun campione è stato setacciato su maglia 0,5mm e fissato in formalina al 8 % in acqua di mare per ridurre eventuali fenomeni di shock osmotico. In ciascuna stazione sono state prelevate 4 repliche. I campioni sono stati quindi esaminati in laboratorio. Prima di procedere al sorting, i campioni sono stati lavati, per eliminare la formalina. Il sorting è stato effettuato con l'ausilio di uno stereomicroscopio da dissezione. La determinazione tassonomica è stata fatta, quando possibile, fino al livello di specie. Gli individui sono stati conservati in alcool al 70%. Dopo la determinazione tassonomica è stata costruita una matrice specie x stazioni elaborata tramite Cluster Analysis e non-metric Multidimensional Scaling (n-MDS) dopo aver ottenuto la matrice triangolare tramite la similarità di Bray-Curtis. I dati non sono stati trasformati (Clarke & Warwick, 2001). La Cluster analysis è una tecnica di classificazione che raggruppa le stazioni sulla base della loro percentuale di similarità. L'MDS è una tecnica di ordinamento che restituisce un piano bi o tridimensionale dove le stazioni sono posizionate in base alla loro similarità reciproca. Nel caso dell'MDS non metrico l'ordinamento viene fatto basandosi sui ranghi di similarità tra le stazioni.

L'analisi strutturale del popolamento è stata condotta attraverso il calcolo dei seguenti indici: numero totale di individui (N), numero di specie (S), ricchezza specifica di Margalef (D), diversità specifica di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J).

Il calcolo degli indici ecologici, la Cluster Analysis e l'n-MDS sono stati effettuati utilizzando il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U. K.; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006).

2.5.2 Meiobenthos

Il prelievo del sedimento per lo studio della meiofauna è stato effettuato nelle 2 stagioni (I-16, E-16) tramite box-corer o benna Van Veen, nelle medesime stazioni previste per la macrofauna (MG1, MG2, MG4, MG6, MG7, MG8, MG9, MG10, MG11, MG14, MG13, MG12). Per ciascuna stazione sono state prelevate 4 repliche.

Per lo studio della meiofauna ciascun campione è stato subcampionato inserendo manualmente nel sedimento per 3cm un carotatore cilindrico di Plexiglas di 2,75cm di diametro. Subito dopo il prelievo le carote di sedimento sono state trasferite in appositi barattoli, la fauna di ciascuna carota è stata narcotizzata con una soluzione di Cloruro di Magnesio (MgCl₂) al 7% e dopo 10 minuti fissata e conservata in una soluzione di formalina al 10% neutralizzata con borax. In laboratorio a ciascun campione è stato aggiunto del Rosa Bengala per colorare la fauna al fine di facilitarne il riconoscimento nelle successive analisi.

La separazione degli animali dal sedimento, nota come fase di estrazione, è stata fatta attraverso il metodo della centrifugazione in gradiente di Ludox AM-30 (Pfannkuche & Thiel, 1988), preceduto dalla vagliatura di ciascun campione mediante due setacci sovrapposti con maglie rispettivamente di 1mm e 63µm. Il setaccio a maglie più grandi consente di eliminare il detrito grossolano e il macrobenthos, quello a maglie inferiori invece permette l'eliminazione della frazione più fine del sedimento e della microfauna, trattenendo la frazione costituita da sabbia e meiofauna. Successivamente il materiale di quest'ultima frazione (sabbia + meiofauna) è stato distribuito in diverse provette da 50ml, dosando al massimo 20ml di materiale per provetta, addizionato con Ludox, e sottoposto a centrifugazione (5 minuti a 2000rpm) per estrarre la meiofauna (Todaro *et al.*, 2001). Il Ludox AM-30 è un gel di silice con densità simile a quella degli organismi della meiofauna (d=1,210); pertanto, se utilizzato come fase liquida durante la centrifugazione facilita il trasferimento degli organismi dal sedimento al surnatante. Dopo la centrifugazione il surnatante di ciascuna provetta è stato filtrato attraverso un setaccio con maglie di 63 µm per raccogliere e concentrare la meiofauna.

Per ciascun campione il procedimento di centrifugazione-concentrazione è stato ripetuto almeno tre volte, al termine delle quali gli animali sono stati lavati con acqua corrente, per eliminare i residui di Ludox, trasferiti in appositi contenitori e conservati in formalina al 5%. La centrifugazione in gradiente di Ludox è un metodo di estrazione della meiofauna generalmente molto efficace, infatti l'ispezione al microscopio nel sedimento così defaunato (pellet), ha consentito di accertare che nel nostro caso l'efficienza è stata praticamente pari al 100% per quanto riguarda la totalità dei taxa multicellulari e protozoi ciliati.

Successivamente all'estrazione, gli organismi di ciascun campione, suddivisi in due-tre aliquote, sono stati trasferiti in piastre Petri con fondo retinato, e, con l'ausilio di uno stereomicroscopio (Wild M8), sono stati identificati per principale gruppo tassonomico di appartenenza (ordine-phylum) e contati (Todaro *et al.* 2002); per il riconoscimento di individui particolarmente problematici, si è ricorso al microscopio a contrasto interferenziale secondo Nomarski (Leitz Dialux 20). Conformemente ad altri studi riguardanti il meiobenthos i nauplii sono stati considerati come costituenti un gruppo sistematico distinto, mentre ai fini dei confronti statistici è stata istituita la categoria "altri" dove sono state fatte confluire le abbondanze dei taxa numericamente secondari (cf. Warwick *et al.*, 1990; Carman *et al.*, 1995).

I dati di abbondanza sono stati raccolti in una matrice specie-stazioni e sottoposti ad analisi univariate e multivariate. Per le analisi univariate sono stati calcolati i principali indici ecologici: numero di taxa rinvenuti (S), diversità di Shannon-Wiener (H'), equitabilità di Pielou (J), dominanza di Simpson (λ'). Le significatività di eventuali differenze nei valori medi sono state valutate per mezzo dell'analisi della varianza (ANOVA) o del t-test, valutando le differenze tra coppie di campioni mediante il test di Tukey. Prima di procedere con i confronti è stato accertato che i valori rispettassero agli assunti di distribuzione normale e di omogeneità della varianza. In caso negativo, prima di proseguire ulteriormente, si è provveduto alla trasformazione dei dati mediante l'equazione $y = \log(x+1)$. Nei casi in cui le trasformazioni apportate non hanno sortito gli effetti desiderati, si è fatto ricorso ad analisi statistiche non parametriche (ANOVA on Ranks, Mann-Whitney Rank Sum Test e Dunn's Method). Le analisi Statistiche multivariate (Cluster Analysis, MDS) sono state effettuate sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, ottenuta dalla matrice delle abbondanze medie delle singole stazioni previa trasformazione logaritmica. L'Analisi della varianza (ANOVA) e i t-test, sono state condotte utilizzando il pacchetto applicativo SigmaStat-SigmaPlot 9.0 (Systat software, California, USA). Il calcolo degli indici ecologici, la Cluster Analysis e l'n-MDS sono stati effettuati utilizzando il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U. K.; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006).

2.5.3 Bioaccumulo

Le indagini di bioaccumulo sono state eseguite utilizzando il bioindicatore *Mytilus galloprovincialis*. Tuttavia non è stato possibile prelevare gli organismi dalla carena del terminale, previsto come prima opzione dal Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino, poiché non insediati al momento di inizio delle attività di monitoraggio. Per questo motivo le indagini di bioaccumulo e biomarker risultano posticipate rispetto a quanto previsto del suddetto Piano e nel primo anno di monitoraggio era stata effettuata in sole due campagne (primavera ed autunno) come documentato dalla lettera inviata da OLT a Ispra il 12 maggio 2014 (prot. 2014/OUT/GENER/B/0290).

Nel terzo anno di monitoraggio anche queste indagini sono state fatte su base stagionale (A15, I16, P16, E16).

Constatata l'assenza di mitili insediati naturalmente sulle strutture del FRSU, il monitoraggio è stato avviato con la modalità definita "attiva": i mitili sono stati prelevati dall'impianto di acquicoltura presente nell'area marina antistante Isola di Palmaria (Golfo di La Spezia) poco o affatto influenzata da fonti di impatto. I mitili sono stati quindi collocati in 4 stazioni di monitoraggio (come mostrato nello schema sottostante) scelti lungo il terminale e in una stazione di controllo presso l'Isola di Gorgona (Stazione E). Durante questa fase di esposizione i mitili vengono alloggiati in reticelle di nylon e collocati all'interno di una gabbia di acciaio inox alla profondità di 12 metri. Dopo circa 4 settimane i mitili vengono prelevati e sottoposti alle analisi secondo le procedure sotto riportate. Inoltre, all'atto della traslocazione, un campione di mitili appena prelevato dall'impianto di acquicoltura (denominato Tempo 0) viene sottoposto alle medesime indagini.

In **Tabella 11** oltre all'elenco dei siti di monitoraggio, sono riportate le tempistiche delle attività.

Si precisa che i mitili sono stati utilizzati anche per l'analisi dei biomarkers descritta nel paragrafo 2.5.4.



Gabbie usate sul terminale FRSU (sx) e in Gorgona (dx).

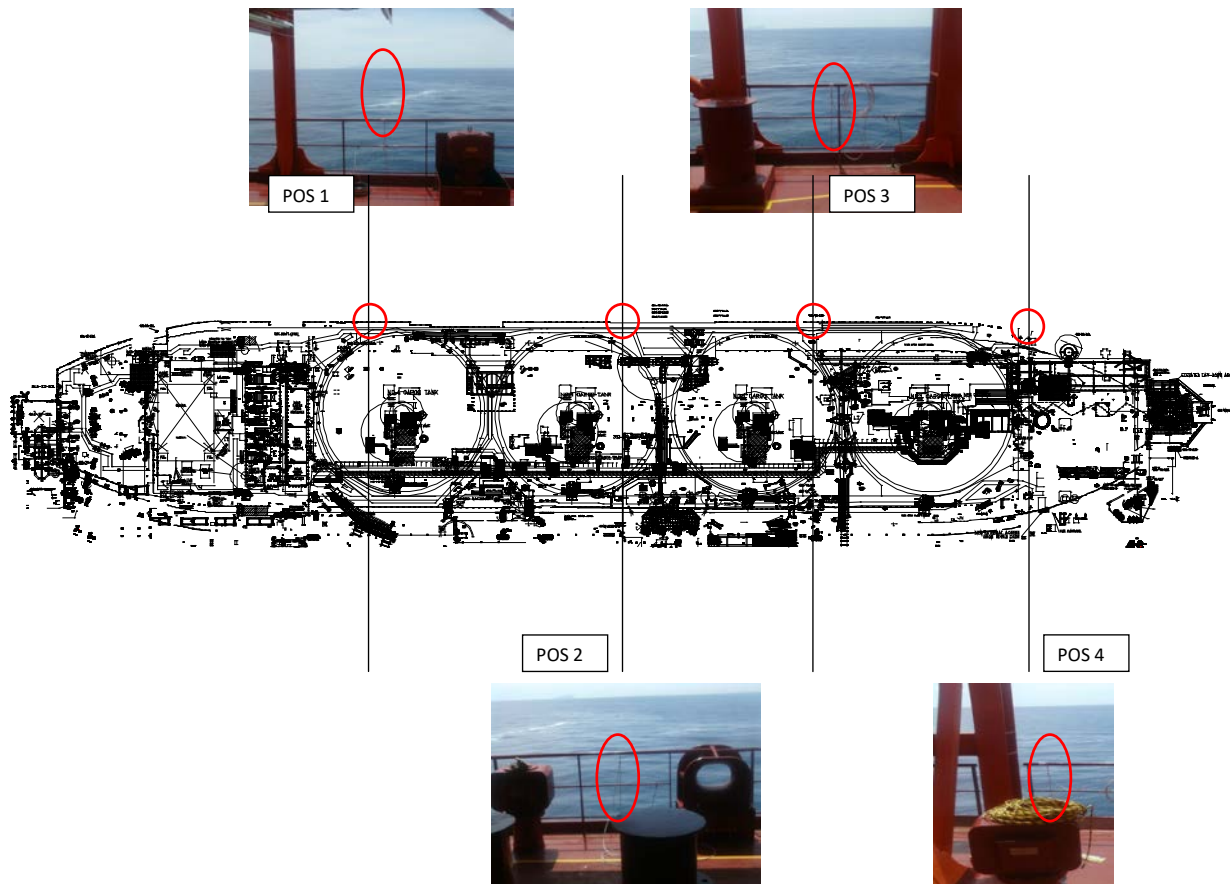


Tabella 11 – Siti di monitoraggio condotto tramite l'utilizzo del bivalve *Mytilus galloprovincialis*. I mitili sono stati prelevati dall'impianto di maricoltura di La Spezia.

Nome sito	Posizione (Pos)	Autunno 2015		Inverno 2016		Primavera 2016		Estate 2016	
		Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro
Mitili tempo zero	La Spezia		9.11.15*		17.02.16*		25.05.16*		29.08.16*
Stazione E	Gorgona	10.11.15	2.12.15	18.02.16	23.03.16	26.05.16	20.06.16	30.08.16	22.09.16
Stazione A	Pos 1 (poppa nave)	10.11.15	2.12.15		23.03.16	26.05.16	20.06.16	30.08.16	22.09.16
Stazione B	Pos 2	10.11.15	-		23.03.16	26.05.16	20.06.16	30.08.16	22.09.16
Stazione C	Pos 3	10.11.15	2.12.15		23.03.16	26.05.16	20.06.16	30.08.16	22.09.16
Stazione D	Pos 4 (prua nave)	10.11.15	2.12.15		23.03.16	26.05.16	20.06.16	30.08.16	22.09.16

* riferito al ritiro dall'impianto - i mitili della stazione B nel corso del campionamento A15 sono andati persi a causa del mal tempo.

Analisi chimiche

Per la determinazione dei **metalli** gli organismi sono stati essiccati a 40°C per almeno 48 ore, polverizzati ed omogeneizzati per procedere con la mineralizzazione (escluso il mercurio) che stata seguita la metodica EPA 3052 (edizione corrente del dicembre 1996) su circa 0,3-0,35 grammi di sostanza secca (pesati allo 0,1mg), mediante un sistema di digestione a microonde (MILESTONE modello Ethos1) opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 5ml di HNO₃ concentrato, 1ml di H₂O₂ (al 30%) e 2ml acqua ultrapura Millipore. Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati ad un volume finale di 20 o 25ml utilizzando acqua Millipore.

L'analisi del mercurio è stata effettuata sul campione tal quale pesando aliquote comprese tra 10mg e 100mg a seconda del contenuto di metallo. L'analisi è stata condotta mediante tecnica AAS previa decomposizione termica e amalgamazione impiegando un Analizzatore Diretto del Mercurio (DMA-80) prodotto da FKV seguendo metodica EPA 7473 (edizione corrente - Feb 2007).

L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando materiali standard di riferimento. Le tarature degli strumenti sono state effettuate con soluzioni standard certificate e tracciabili NIST.

Per i metodi di analisi e i limiti di rilevabilità si rimanda alla **Tabella 12**.

Tabella 12 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su <i>M. galloprovincialis</i> .			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Idrocarburi C<10	MIC/38	µg/kg	500
Idrocarburi C10-C40	MIC/35	mg/kg	1
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	MIC/33	µg/kg	0,5
Composti organostannici	ICRAM - Scheda 4	mg/kg	0,001
Bario (Ba)	EPA 3052:1996 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Cromo totale (Cr)	EPA 3052:1996 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Ferro (Fe)	EPA 3052:1996 + EPA 6010C:2007	%	0,03
Manganese (Mn)	EPA 3052:1996 + EPA 6010C:2007	mg/kg	12,5
Nichel (Ni)	EPA 3052:1996 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Rame (Cu)	EPA 3052:1996 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Vanadio (V)	EPA 3052:1996 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Zinco (Zn)	EPA 3052:1996 + EPA 6010C:2007	mg/kg	1,25
Arsenico (As)	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Cadmio (Cd)	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01
Piombo (Pb)	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Mercurio (Hg)	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
Acidi aloacetici			
Dalapon	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	2
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	1
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	10
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	2
Acido Bromodicloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	5
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	2
Acido Dicloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	3
Acido Tricloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	2
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	5
Acidi aloacetici (tutti i composti sopra menzionati)	MI/C/10*		
Alometani, composti organici volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,2
1,1,1-Tricloroetano	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,2
Tetracloruro di carbonio	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,2
Tricloroetilene	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,25
Bromodiclorometano	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,2
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,2
Tetracloroetilene	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,2
Bromoformio	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,5
Dibromoclorometano	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,2
1,2-Dibromoetano	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,25
1,2,3-Tricloropropano	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,6
Alometani e composti organici volatili (VOC) (tutti i composti sopra menzionati)	EPA 5030A: 2002 + EPA 8260C:2007		
Aloacetoniitrili			
Tricloroacetoniitrile	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,5
Tricloroacetoniitrile	MI/C/11*	µg/kg	0,5
Dibromoacetoniitrile	EPA 5021A:2003 + EPA 8260C:2007	µg/kg	0,8
Dibromoacetoniitrile	MI/C/11*	µg/kg	0,8
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 1653:1997	µg/kg	5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 1653:1997	µg/kg	5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 1653:1997	µg/kg	5
Alofenoli (SVOC) (tutti i composti sopra menzionati)	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014*		

Analisi microbiologiche

È stata effettuata la ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali.

2.5.4 Biomarkers

L'analisi dei biomarker è stata effettuata in corrispondenza dei siti riportati in **Tabella 11**. Per ogni stazione sono state indagate 5 repliche. In ecotossicologia con il termine *Biomarker* si intende ogni variazione biochimica, cellulare o fisiologica che può essere misurata in un organismo sentinella e che fornisce l'evidenza di un'esposizione e/o effetto di uno o più contaminanti. In sostanza, i *biomarker* forniscono uno strumento precoce di valutazione (diagnosi) e previsione (prognosi) dell'impatto biologico associato a un'attività umana. Il mitilo mediterraneo (*Mytilus galloprovincialis*) è stato scelto come organismo sentinella in quanto ampiamente utilizzato nel monitoraggio dell'ambiente marino. Sono stati selezionati tre diversi *biomarker*, due dei quali in grado di rilevare possibili alterazioni a livello cellulare e uno mirato a valutare le possibili alterazioni istologiche a carico dell'apparato branchiale. I parametri indagati sono sensibili allo stress ossidativo, pertanto sono idonei per valutare i possibili effetti residui dell'uso di ipoclorito di sodio come antifouling sull'ambiente marino circostante. Sono stati indagati i seguenti biomarker:

Neutral Red Retention Time (NRRT). Numerose indagini hanno dimostrato che le membrane lisosomiali sono altamente sensibili allo stress ossidativo che ne provoca l'alterazione strutturale e funzionale (Regoli *et al.*, 2004). Il Neutral Red (NR) è un colorante lipofilo e come tale attraversa facilmente le membrane plasmatica e lisosomale. Nei lisosomi, il pH acido impedisce al colorante di ritornare liberamente nel citoplasma. L'efficienza con cui il NR rimane intrappolato nei lisosomi dipende quindi dalla funzionalità della pompa protonica, presente sulla membrana, responsabile per il trasporto attivo di ioni H⁺ all'interno dell'organulo. L'alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomiale viene valutata mediante la misura del tempo di ritenzione del rosso neutro all'interno dei lisosomi secondo il protocollo descritto nel *Manual on the Biomarkers Recommended for the Med-Pol Biomonitoring Programme* messo a punto nell'ambito dell'UNEP-MAP (*United Nations Environment Programme – Mediterranean Action Plan*). In breve, 40 µl di emolinfa (prelevata dal muscolo adduttore posteriore) diluita 1:1 con soluzione salina vengono posti su un vetrino e lasciati incubare in camera umida (16°C) per 30 minuti. Dopo rimozione del liquido in eccesso, alle cellule aderenti al vetrino sono aggiunti 40µl di NR in soluzione fisiologica e lasciati incubare in camera umida (16°C) per 15 minuti. Dopo aver rimosso il liquido in eccesso e proceduto con un lavaggio in soluzione fisiologica, il vetrino viene osservato al microscopio. Vengono effettuate letture successive dello stesso campione, ogni 15 minuti per la prima ora e ogni 30 minuti per le due ore successive al fine di valutare il tempo occorrente affinché il 50% degli emociti presenti colorazione rossa (e lisosomi ingranditi), indice dello fuoriuscita del colorante attraverso la membrana lisosomiale. Un tempo breve di ritenzione indica una condizione di maggior danno, il contrario se il tempo di ritenzione del colorante risulta elevato.

Comet assay Oltre alle membrane cellulari, anche il DNA è esposto all'impatto dei ROS (*Reactive Oxygen Species*), oltre ad essere anche sensibile all'azione diretta di contaminanti specifici quali gli IPA. Il rilevamento di composti e/o miscele ad azione genotossica nell'ambiente marino ha una importanza notevole in relazione alla possibilità di trasferimento nelle catene alimentari e da queste all'uomo tramite il consumo di prodotti della pesca.

Il Comet assay permette di valutare il grado di integrità della doppia elica di DNA su cellule incluse in agarosio, lisate e sottoposte a corsa elettroforetica. Il grado di frammentazione del DNA viene valutato sulla base del pattern di migrazione elettroforetica mediante l'impiego di un sistema di analisi dell'immagine (Nigro *et al.*, 2006; Frenzilli *et al.*, 2008; Frenzilli *et al.*, 2009).

In breve, le cellule branchiali di mitilo vengono dissociate mediante un trattamento enzimatico e meccanico. Successivamente, le cellule isolate sono incluse in un gel di agarosio e poste su vetrini per microscopia ottica e sottoposte a lisi delle membrane per consentire al DNA di migrare durante la successiva corsa elettroforetica effettuata a pH fortemente basico (>13) applicando un campo elettrico di 0,86V/cm ed un'intensità di corrente pari a 300mA. Dopo l'elettroforesi, i vetrini vengono neutralizzati lavandoli con un tampone TRIS-HCl 0,4M, immersi in 100% metanolo freddo, asciugati all'aria e colorati con bromuro di etidio. Osservati con un microscopio a fluorescenza (400 x), le cellule danneggiate si presentano a forma di cometa con la testa e la coda; la lunghezza e l'intensità di fluorescenza della coda sono correlate al danno al DNA. Un sistema d'analisi dell'immagine (Comet Assay II, Perceptive Instruments, UK) permette di quantizzare il danno, che viene espresso come % di DNA migrato. Per ogni campione vengono preparati 2 vetrini, per ogni vetrino sono lette 50 cellule random.

Analisi istologica dell'apparato branchiale. Le branchie costituiscono un'importante interfaccia con l'ambiente acquatico pertanto sono il primo bersaglio dell'azione tossica di contaminanti presenti in forma solubile.

L'alterazione strutturale delle branchie di *M. galloprovincialis* è stata riportata in letteratura come conseguenza dell'esposizione a NaClO in un range di dosi compatibile con il rilascio da parte di impianti di produzione energetica (Lopez-Galindo *et al.*, 2009).

Pertanto, oltre al danno genotossico a carico delle cellule branchiali vengono indagate anche le possibili alterazioni istologiche prendendo in considerazione i seguenti parametri: frequenza degli emociti granulari nel tessuto branchiale, rappresentativa di un processo infiammatorio in atto, l'eventuale riduzione delle ciglia che caratterizzano l'epitelio branchiale e l'eventuale necrosi cellulare con erosione dell'epitelio stesso.

Le indagini vengono svolte su campioni di tessuto branchiale fissati ed inclusi secondo le convenzionali tecniche istologiche. In breve, frammenti di branchie vengono fissati in Bouin, disidratati in una serie di alcool e inclusi in resina metacrilato (Historesin). Successivamente, le sezioni vengono tagliate con un microtomo utilizzando lame di vetro ed osservati al microscopio ottico previa colorazione con Blu di Metilene e Blu di Toluidina. Per ogni replica vengono osservate almeno 100 filamenti branchiali per la valutazione della frequenza degli emociti granulari e della condizione dell'epitelio branchiale. I dati raccolti sono analizzati statisticamente mediante analisi della varianza.

2.5.5 Fauna ittica bentonectonica

1) **Reti da posta:** calate sperimentali, realizzate in 4 siti in prossimità del terminale (entro l'area interdotta alla navigazione, siti nominati I16 P1, I16 P2, I16 P3 e I16 P4). La stessa tipologia di campionamento è stata ripetuta in un sito al di fuori della zona interdotta alla navigazione (nominato I16 PC), ma avente le stesse caratteristiche batimetriche e bionomiche.

2) **Reti a traino di fondo:** 4 pescate (cale) sperimentali realizzate a differenti quote batimetriche in prossimità dell'area di installazione del terminale (siti nominati I16 S1, I16 S2, I16 S3 e I16 S4) e 1 cala localizzata a maggiore distanza (nominato I16 SC).

Per il campionamento con reti da posta sono state utilizzate cinque reti da posta ad imbrocco, ciascuna lunga 1000 m, aventi maglie stirate di 40 mm ed una altezza di 3 m. Le reti sono state calate nella tarda mattinata per essere poi salpate la mattina del giorno successivo, rimanendo in pesca tra le 12 e le 24 ore.

Tutto il materiale raccolto in ciascun sito è stato conservato in contenitori distinti per le successive analisi di laboratorio.

Le pescate con rete a strascico sono state effettuate utilizzando una rete avente maglia al sacco di 50 mm, utilizzata per la pesca professionale di specie demersali e bentoniche.

Le cale hanno avuto una durata media di circa 30 minuti, a partire dal momento in cui la rete toccava il fondo.

Nella **Tabella 13** sono riportate le coordinate e le profondità dei siti di studio.

Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.								
Data	M/p	Attrezzo	Sigla campione	Latitudine N inizio	Longitudine E inizio	Latitudine N fine	Longitudine E fine	Prof. media (m)
Inverno 2016								
26/02/2016	Donato Padre	S	I16 S3	43°35'806	09a58'184	43°37'259	09°58'046	132
26/02/2016	Donato Padre	S	I16 S4	43°37'931	09°57'278	43°39'286	09°57'996	130
26/02/2016	Donato Padre	S	I16 SC	43°41'220	09°59'873	43°42'545	09°58'848	98
11/03/2016	Donato Padre	S	I16 S1	43°38'911	10°00'910	43°40'388	10°00'385	98
11/03/2016	Donato Padre	S	I16 S2	43°36'095	10°01'198	43°37'501	10°00'519	102
11/03/2016	Evolution	RP(calo)	I16 PC	43°38'231	10°01'364	43°37'823	10°01'079	97
11/03/2016	Evolution	RP(calo)	I16 P1	43°39'385	10°00'581	43°38'993	10°00'835	100
11/03/2016	Evolution	RP(calo)	I16 P2	43°37'560	10°00'182	43°37'340	09°59'617	106
11/03/2016	Evolution	RP(calo)	I16 P3	43°37'407	09°58'669	43°37'893	09°58'352	124
11/03/2016	Evolution	RP(calo)	I16 P4	43°38'277	09°58'367	43°39'439	09°58'759	121
12/03/2016	Evolution	RP(salpaggio)	I16 PC	43°38'231	10°01'364	43°37'823	10°01'079	97
12/03/2016	Evolution	RP(salpaggio)	I16 P1	43°39'385	10°00'581	43°38'993	10°00'835	100
12/03/2016	Evolution	RP(salpaggio)	I16 P2	43°37'560	10°00'182	43°37'340	09°59'617	106
12/03/2016	Evolution	RP(salpaggio)	I16 P3	43°37'407	09°58'669	43°37'893	09°58'352	124
12/03/2016	Evolution	RP(salpaggio)	I16 P4	43°38'277	09°58'367	43°39'439	09°58'759	121
Estate 2016								
26/08/2016	Donato Padre	S	E16 S2	43°36'179	10°01'157	43°37'524	10°00'506	101
26/08/2016	Donato Padre	S	E16 S1	43°38'995	10°00'880	43°40'410	10°00'373	97
31/08/2016	Evolution	RP(calo)	E16 P4	43°39'672	09°58'440	43°39'036	09°58'475	96
31/08/2016	Evolution	RP(calo)	E16 P3	43°38'535	09°58'056	43°37'963	09°58'412	126
31/08/2016	Evolution	RP(calo)	E16 P2	43°37'393	09°58'700	43°37'292	09°59'629	115
31/08/2016	Evolution	RP(calo)	E16 PC	43°36'857	10°00'970	43°37'325	10°01'066	97
31/08/2016	Evolution	RP(calo)	E16 P1	43°38'900	10°00'880	43°39'407	10°00'606	97
01/09/2016	Evolution	RP(calo)	E16 P4	43°39'672	09°58'440	43°39'036	09°58'475	96
01/09/2016	Evolution	RP(calo)	E16 P3	43°38'535	09°58'056	43°37'963	09°58'412	126
01/09/2016	Evolution	RP(calo)	E16 P2	43°37'393	09°58'700	43°37'292	09°59'629	115
01/09/2016	Evolution	RP(calo)	E16 PC	43°36'857	10°00'970	43°37'325	10°01'066	97
01/09/2016	Evolution	RP(calo)	E16 P1	43°38'900	10°00'880	43°39'407	10°00'606	97
09/09/2016	Donato Padre	S	E16 S3	43°35'720	09°58'205	43°37'207	09°58'062	133
09/09/2016	Donato Padre	S	E16 S4	43°38'124	09°57'372	43°39'538	09°58'125	127
09/09/2016	Donato Padre	S	E16 SC	43°41'353	09°59'858	43°42'728	09°58'772	98

Gli organismi catturati sono stati classificati fino al livello di specie. Questo ha permesso di compilare una lista faunistica per ogni tipologia di attrezzo utilizzato. Per ogni specie catturata è stato rilevato il peso totale in kg ed il numero di individui. Inoltre, per ogni individuo, è stata rilevata la taglia, espressa come Lunghezza Totale (LT) al mezzo centimetro inferiore, per gli Osteitti e Condroititi, mentre per i Molluschi Decapodi è stata rilevata la Lunghezza del Mantello (LM).

Per i Crostacei Decapodi la taglia, misurata al mm inferiore, è stata espressa come Lunghezza del Carapace (LC). Le taglie così rilevate sono state utilizzate per costruire distribuzioni di taglia-frequenza delle specie più rappresentative delle catture delle reti da posta e dello strascico.

Per rendere i dati raccolti confrontabili tra di loro è stato necessario utilizzare dei metodi di standardizzazione. Per quanto riguarda i dati di cattura delle reti da posta, sono stati elaborati indici in numero e peso standardizzati ai 1000m di lunghezza delle reti e alle 24 ore (Num/1000m/24h e kg/1000m/24h).

I dati di cattura realizzati con la rete a strascico sono stati standardizzati in indici di densità e biomassa (Num/km² e kg/km²) utilizzando il metodo dell'area strascicata (Swept area, Sparre *et al.*, 1989) utilizzando la formula:

$$\text{Area strascicata (km}^2\text{)} = (\text{AO} \cdot \text{V} \cdot 1,853 \cdot \text{D}) / (1000 \cdot 60)$$

dove:

AO = apertura orizzontale della rete, espressa in m;

V = velocità della barca in pesca, espressa in nodi (miglia nautiche/ora);

D = durata della cala in minuti.

È stata studiata la variazione degli indici di biomassa e densità tra i siti posti in prossimità del rigassificatore e quelli di controllo, sia dei principali gruppi tassonomici (Osteitti, Condroitti, Crostacei Decapodi e Molluschi Decapodi), sia delle specie più rappresentative delle catture.

Per quanto riguarda i confronti tra le campagne di indagine sono stati studiate le componenti della diversità specifica; dalla matrice specie/stazioni sono stati calcolati il numero totale di specie e di esemplari catturati, gli indici di ricchezza specifica di Margalef (d), di equitabilità di Pielou (J) e di diversità specifica di Shannon-Wiever (H'). È stata studiata l'evoluzione di tali indici nel corso delle campagne. La stessa matrice è stata utilizzata anche per effettuare un ordinamento tramite il Multi Dimensional Scaling (MDS) dopo aver calcolato l'indice di similarità di Bray-Curtis.

A partire dalla campagna invernale I16 è stata introdotta una nuova codifica delle stazioni campionate. Per quanto riguarda le stazioni fino ad ora codificate come T1-T4, sia per le reti da posta sia per le reti a strascico, sono state introdotte le sigle P1-P4 per le stazioni campionate con reti da posta e S1-S4 per quelle investigate con reti a strascico. Nel caso della stazioni considerate come "controllo", precedentemente identificate con la sigla C, è stata introdotta la sigla PC per quella relativa alle reti da posta e la sigla SC per quella dello strascico come riassunto in

Pertanto, a partire dal campionamento I 16 le stazioni saranno identificate con la sigla della campagna e dalla sigla della stazione (**Tabella 14**).

Tabella 14 - Nuova codifica delle stazioni adottata dalla campagna Inverno 2016.			
Reti da posta		Rete a Strascico	
Periodo 2012-2015	Dal 2016	Periodo 2012-2015	Dal 2016
T1	I16 P1	T1	I16 S1
T2	I16 P2	T2	I16 S2
T3	I16 P3	T3	I16 S3
T4	I16 P4	T4	I16 S4
C	I16 PC	C	I16 SC

2.5.6 Fauna ittica pelagica

Lo studio della fauna ittica pelagica è stato condotto per valutare l'effetto FAD (Fishing Aggregating Device) dovuto alla presenza del terminale galleggiante. È infatti noto che qualsiasi struttura galleggiante, anche di piccole dimensioni, presente in mare, ha la capacità di attrarre organismi marini, sia fornendo una sorta di protezione sia attraendo secondariamente i predatori.

Il campionamento è stato effettuato mediante l'uso di reti da posta galleggianti da posizionare in prossimità del terminale, dalla superficie fino a 25-30m di profondità. L'attività ha richiesto 2 giornate di pesca. Il primo giorno la rete, lunga 1800m, è stata calata in prossimità del terminale galleggiante e lasciata in pesca per circa 3 ore.

Il giorno successivo la medesima rete è stata calata a maggiore distanza dal terminale (controllo) e tenuta in pesca per circa 3 ore e mezzo (**Tabella 15**).

Le stazioni di campionamento erano state identificate con il codice campione, nei precedenti survey. Dal terzo anno di monitoraggio, invece, vengono indicate con le sigle PD (stazione prossima al terminale) e PDC (stazione assunta come "controllo" ossia distante dal terminale in modo da non esserne influenzata).

Non è stato possibile definire a priori le coordinate per posizionare l'attrezzo in quanto, essendo una rete derivante, esso deve essere calato tenendo in considerazione le correnti presenti il giorno de campionamento al fine di evitare che sia trasportato verso il terminale galleggiante.

Gli organismi catturati vengono classificati fino al livello di specie. Per ogni specie catturata viene rilevato il peso totale in Kg ed il numero di individui. Inoltre, per ogni individuo, viene rilevata la taglia, espressa come Lunghezza Totale (LT) al mezzo centimetro inferiore, per gli Osteitti e Condroitti, mentre per i Molluschi Decapodi viene rilevata la Lunghezza del Mantello (LM).

Per i Crostacei Decapodi la taglia, misurata al mm inferiore, viene espressa come Lunghezza del Carapace (LC).

Come nel caso delle reti da posta utilizzate per lo studio del popolamento bentonectonico, è stato necessario applicare dei metodi di standardizzazione. Anche per le reti pelagiche vengono elaborati indici di cattura in numero e peso standardizzati ai 1000m di lunghezza delle reti e alle 24 ore (Num/1000m/24h e kg/1000m/24h).

Data	M/p	Attrezzo	Sigla	Latitudine iniz.	Longitudine iniz.	Latitudine fin.	Longitudine fin.	Prof. media (m)
06/09/2016	Evolution	RPP	PD	43°39'270	09°59'651	43°39'411	09°58'448	114
08/09/2016	Evolution	RPP	PDC	43°39'560	09°59'883	43°39'879	09°58'911	110

2.5.7 Cetacei e tartarughe marine

In accordo alle specifiche del MATTM ed ISPRA, l'area di campionamento è stata individuata da un cerchio di 12NM di diametro e circa 200km², con centro il punto di ancoraggio del rigassificatore (Figura 2). La porzione di mare interessata dalle ricerche si trova all'interno della zona meridionale del Santuario Pelagos un'area di protezione internazionale creata nel 2007 da Italia, Francia e Principato di Monaco con lo scopo di tutelare i cetacei in essa presenti. Otto sono le specie considerate residenti: i tursiopi (*Tursiops truncatus*) i cetacei costieri e i cetacei pelagici, quali le stenelle (*Stenella coeruleoalba*), i delfini comuni (*Delphinus delphis*), i grampi (*Grampus griseus*), i globicefali *Globicephala melas*, gli zifi (*Ziphius cavirostris*), i capodogli (*Physeter macrocephalus*) e le balenottere (*Balaenoptera physalus*)

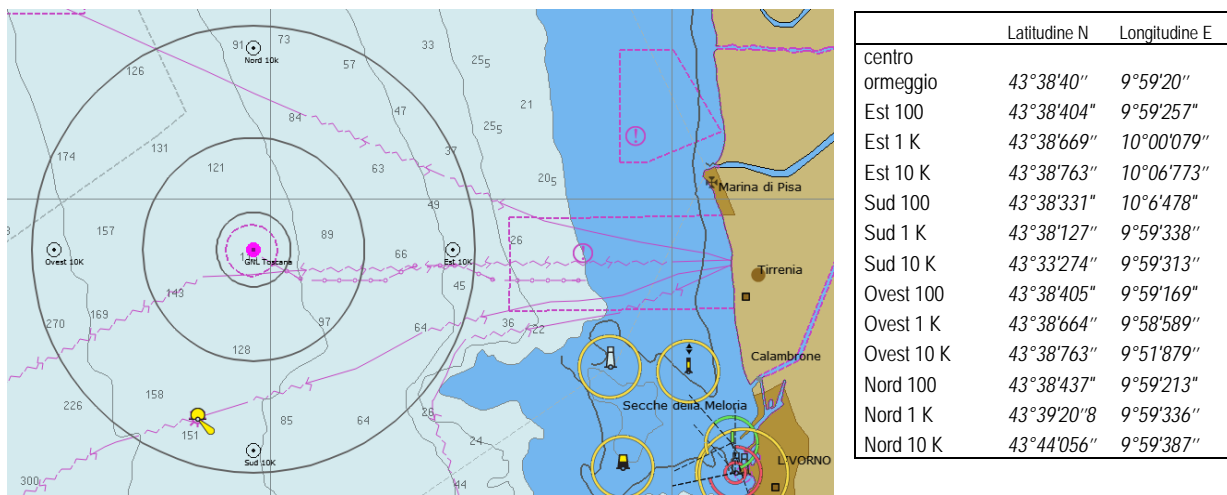


Figura 2 - Area di studio in cui sono state effettuate le misurazioni del rumore, la bioacustica e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine, con indicate le stazioni a 10 km dal Terminale e in grigio i transetti circolari a 1, 3 e 6 NM di distanza dal terminale.

L'attività di monitoraggio è stata condotta seguendo il "closing mode" (ACCOBAMS WS), metodo che prevede la possibilità di abbandonare la rotta per avvicinarsi agli animali per poterli studiare. L'avvicinamento è stato effettuato secondo le regole ACCOBAMS di rispetto, mentre il survey è stato svolto secondo la metodica del "design based", applicando in navigazione dei "traks" con rotte ad una distanza rispettivamente di 1, 3, 6 miglia nautiche dal terminale. Per il riconoscimento dei cetacei incontrati è stata utilizzata la tecnica della Photo-Id (Foto-identificazione), mentre la navigazione è stata effettuata applicando la metodologia del "Visual Line Transect Surveys".

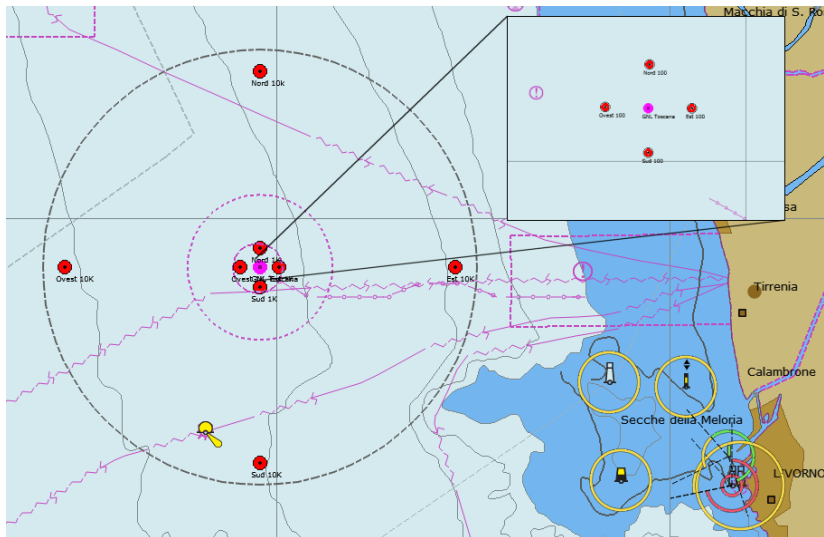
Per il survey visivo sono stati utilizzati dei transetti, seguendo rotte fisse e lineari. Il transetto rappresenta il percorso che viene seguito per ottenere informazioni quantitative e qualitative degli animali presenti in un determinato territorio. Esso richiede che l'osservatore si muova su un percorso prestabilito, registrando le coordinate degli incontri di gruppi o individui target e, allo stesso tempo, registrandone la distanza dall'osservatore. Ciò consente una stima della superficie coperta e del modo in cui la probabilità di rilevabilità varia tra 0 (lontano dal transetto) ed 1 (sul transetto). Utilizzando il conteggio grezzo e questa funzione di probabilità, si può ottenere una stima della densità assoluta. Durante la navigazione è stata mantenuta una velocità costante e un numero costante di osservatori con attività continua fino a condizioni di mare Beaufort 3. In base alle condizioni viene coperto uno spazio di visuale di circa 2km di raggio. La gestione dell'avvistamento è stata affidata a 2/3 "avvistatori" su una unica piattaforma di opportunità monitorando ognuno 120° di visuale; l'effort (sforzo) è stato monitorato registrando in traccia continua la rotta dell'imbarcazione tramite plotter cartografico con aggiunta periodica di "marks". Sono inoltre, stati registrati i dati meteo usando le scale Douglas e Beaufort. Contestualmente agli avvistamenti sono stati registrati i seguenti dati: la specie osservata (delfini o tartarughe), la posizione di avvistamento in coordinate geografiche WGS84, data e ora, dimensione del gruppo, distanza stimata dall'osservatore, angolo rispetto la prua, direzione iniziale, eventuali comportamenti osservabili. Registrati i dati iniziali di avvistamento attraverso la "marcatura fotografica" abbiamo attuato la tecnica della Photo-ID che ha il vantaggio di permettere lo studio di popolazioni animali attraverso una metodologia non invasiva, raccogliere informazioni permanenti e trasferibili nello spazio e nel tempo e offre la possibilità di seguire nel tempo i trend di distribuzione e abbondanza delle popolazioni.

La Photo-ID prevede l'utilizzo di fotografie riportanti parti o caratteristiche anatomiche al fine di poter riconoscere individualmente gli animali nel tempo e nello spazio. A tal scopo la tecnica si basa su parti o "marchi" che siano indelebili, facilmente identificabili e riconoscibili. La presenza di marchi naturali permette, inoltre, di non arrecare disturbo agli animali e quindi evitare possibili azioni di risposta positive o negative. I marchi naturali del tursiope sono dovuti alle interazioni intra-specifiche e sono identificati dalla pinna dorsale e dall'area del dorso che la circonda. Per le tartarughe, invece, vengono utilizzate le caratteristiche delle placche del carapace o la presenza di targhette identificative.

2.6 INDAGINI GENERALI

2.6.1 Misura del rumore

Obiettivo dello studio è l'individuazione del rumore acustico subacqueo emesso dal Terminale, la sua caratterizzazione in termini di tipologia di rumore, frequenza e livello di emissione, e la valutazione dei suoi effetti sui cetacei potenzialmente presenti nell'area. In accordo al piano di monitoraggio, quindi, la misurazione dei livelli di rumore è stata effettuata stagionalmente in 12 stazioni a 100m, 1.000m e 10.000m dal punto di ancoraggio del Terminale sulle radiali dei 4 punti cardinali. Le stazioni sono state identificate come N100 - N1K - N10K - W100 - W1K - W10K - E100 - E1K - E10K - S100 - S1K - S10K (Figura 3).



WGS84	Latitune N	Longitudine E
Est 100	43° 38,665	09° 59,408
Est 1K	43° 38,666	10° 00,076
Est 10K	43° 38,666	10° 06,791
Sud 100	43° 38,611'	09° 59,333
Sud 1K	43° 38,126	09° 59,330
Sud 10K	43° 33,266	09° 59,330
Ovest 100	43° 38,667'	09° 59,260
Ovest 1K	43° 38,666	09° 58,584
Ovest 10K	43° 38,666	09° 51,868
Nord 100	43° 38,719'	09° 59,335
Nord 1K	43° 39,206	09° 59,330
Nord 10k	43° 44,065	09° 59,330

Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.

Strumentazione utilizzata

1) Idrofono digitale Aguatech per la registrazione dei dati acustici nella banda 10Hz - 48kHz.

I dati di rumore acustico acquisiti dall'idrofono digitale sono stati campionati a 192kHz con una sensibilità di -156dB re V/uPa. Il rumore elettronico dello strumento, se valutato in termini di pressione acustica, a 30kHz ha un livello equivalente inferiore al livello del rumore del mare a forza "zero", che, secondo letteratura, è intorno a +22dB re 1uPa/√Hz, pertanto tutto il rumore registrato è relativo a suoni realmente presenti in acqua e non a interferenze introdotte dallo strumento di misura.

Per ogni stazione sono state scelte due profondità per assicurare il campionamento acustico sopra e sotto il termocline, la cui presenza, che separa l'epilimnio dall'ipolimnio, è in grado di modificare la propagazione del suono, mascherando o modificando la ricezione di eventuali sorgenti sonore o fonti di disturbo. Le registrazioni sono state effettuate registrando e georeferenziando la posizione del punto in coordinate geografiche WGS84 mantenendo l'idrofono disaccoppiato elasticamente rispetto al movimento indotto della superficie, ad almeno 5 metri dall'imbarcazione tenuta a motori e pompe ferme. I dati vengono registrati su file in formato digitale e verificati in tempo reale mediante un'uscita analogica su PC dedicato, dotato di un programma di visualizzazione di spettrogramma e spettro.

2) Sonda CTD Ageotec IMSV per la misura di Temperatura, Profondità, Conducibilità, con calcolo diretto della velocità del suono.

I dati vengono registrati su file con PC dedicato mediante il software APWin, che permette anche la visualizzazione in tempo reale del profilo verticale di temperatura e di tutti i dati acquisiti.

In ogni stazione è stato effettuato un profilo continuo di CTD per registrare conducibilità (e indirettamente salinità), temperatura, e, attraverso l'idrofono, misure del rumore presente alle profondità di 8 e 55m, ossia sopra e sotto il termocline. Lo scopo di tali registrazioni è conoscere le condizioni ambientali del punto di misura, in modo da poter predire (e confrontare con i dati acustici registrati) il tipo di propagazione del suono eventualmente proveniente dal Terminale.

L'idrofono e la sonda CTD, che dispongono di un cavo di 100m, sono accoppiati in una gabbia che li rende solidali fra loro e ne permette la discesa per gravità. Durante la misura acustica vengono acquisiti e registrati contemporaneamente e costantemente anche i dati della sonda CTD, permettendo in fase di analisi di verificare l'effettiva posizione dei sensori, soprattutto in relazione alla profondità.

3) Ricevitore AIS Icom MA-500TR con antenna esterna

Durante il campionamento acustico è stata eseguita la registrazione dei dati AIS (Automatic Identification System), un sistema di identificazione automatica delle navi che trasmette posizione, velocità e rotta. Il sistema è obbligatorio sulle navi passeggeri e commerciali oltre 300 tonnellate, ma è presente anche su numerose unità da diporto. Tali dati possono essere ricevuti e visualizzati con l'ausilio di un sistema informatico e, una volta registrati, in fase di analisi dei dati permettono di visualizzare la presenza di traffico navale nell'intorno del punto di misura.

Il sistema, con una portata superiore a 14NM, è connesso ad un PC dedicato insieme ad un ricevitore GPS. Sul PC, attraverso il software OpenCPN, viene quindi visualizzata in tempo reale e registrata la posizione dei sensori, l'esatto orientamento del Terminale e la presenza di eventuali altre navi in transito.

La presenza di natanti non dotati di AIS è stata rilevata tramite survey visuale.

I computer di tutti gli strumenti sono sincronizzati in modo da poter ricostruire, in fase di analisi, l'esatta posizione dei sensori e la presenza di altre sorgenti di rumore attraverso i dati AIS. Nella **Figura 4** un esempio della situazione ricostruita durante l'avvicinamento alla stazione Est 1K.

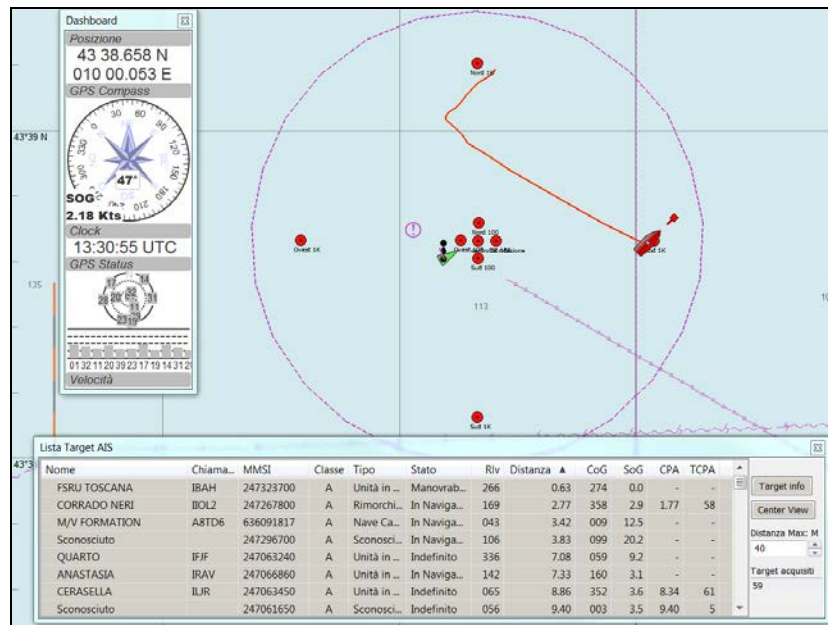


Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.

Individuazione dei valori soglia di rumore

La misura del rumore sottomarino ed i suoi effetti sui cetacei è materia ancora in evoluzione, ma per la presente analisi è possibile fare riferimento alle Linee Guida ISPRA (Borsani & Farchi, 2011). Le linee guida definiscono valori soglia per rumori di natura sia impulsiva che continua, in grado di provocare risposte comportamentali, danni temporanei o permanenti ai cetacei.

Si riporta di seguito la tabella tratta dalle Linee Guida. Essa definisce le specie in funzione della banda di frequenze a cui sono maggiormente sensibili:

Functional hearing group	Estimated auditory bandwidth	Genera represented (Number species/subspecies)	Frequency-weighting network
Low-frequency cetaceans	7 Hz to 22 kHz	<i>Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, Balaenoptera</i> (13 species/subspecies)	M_s (lf: low-frequency cetaceans)
Mid-frequency cetaceans	150 Hz to 160 kHz	<i>Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon</i> (57 species/subspecies)	M_{mf} (mf: mid-frequency cetaceans)
High-frequency cetaceans	200 Hz to 180 kHz	<i>Phocena, Neophocena, Phocenoidea, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 species/subspecies)	M_{hf} (hf: high-frequency cetaceans)

I valori soglia sono definiti per tre tipologie di emissione (impulsi singoli, multipli e non impulsivi) e per vari livelli di danno che vanno dalla modificazione comportamentale fino alla perdita permanente di sensibilità uditiva. Una volta individuate le caratteristiche del rumore emesso dal Terminale definito dai punti di vista della tipologia di emissione, frequenza e livello alla sorgente, si indicheranno i corrispondenti valori soglia nelle conclusioni.

Rappresentazione dei dati rilevati

In accordo alle Linee Guida ISPRA, per la rappresentazione dei livelli di rumore è stata scelta la PSDf (Power Spectral Density function). In pratica la PSDf rappresenta il modo in cui si distribuisce l'energia contenuta nel rumore sotto forma di pressione acustica nel campo di frequenze considerato, nel caso in studio da 10Hz a 48kHz. La PSDf di una sequenza temporale di rumore può essere stimata a partire

dalla Fourier Transform (FT) del rumore stesso, calcolata mediante il metodo numerico detto Fast Fourier Transform (FFT) su una sequenza di campioni frequenziali spaziatosi uniformemente (spaziatura detta lineare).

Oltre che come curva continua, la PSDf può essere calcolata e rappresentata anche in terzi d'ottava.

L'analisi in terzi d'ottava è appropriata per privilegiare la rilevazione/analisi di dettagli alle basse frequenze e in particolare per monitorare rumore ambiente a lungo-lunghissimo termine. L'analisi mediante FFT, con risoluzione frequenziale costante in tutta la banda, è invece utile per rilevare segnali particolari (specialmente linee spettrali molto strette) in qualunque range della banda: per questo motivo entrambe sono indicate in questo tipo di monitoraggio, nel quale si possono verificare fenomeni sia a larga banda sia a banda stretta con frequenze medio-alte.

Ognuna delle due rappresentazioni riesce a mettere in evidenza caratteristiche diverse, quindi l'analisi spettrale è stata compiuta calcolando e rappresentando la Power Spectral Density function (DSPf) di un minuto di dati di rumore nella banda fino a 48kHz sia mediante FFT (con risoluzione frequenziale di 5,86Hz, ottenuta mediante "zero-padding") sia in terzi d'ottava.

Metodologia di analisi

Nell'analisi dei dati acquisiti è necessario come prima cosa individuare il probabile contributo di rumore da attribuire al Terminale. Tale compito non è semplice a causa della presenza di numerose sorgenti sovrapposte costituite prevalentemente dal traffico marittimo presente nella zona e, talvolta, dal rumore dovuto alle condizioni atmosferiche (vento, per esempio, o mare agitato).

E' quindi necessario procedere ad alcune considerazioni. Il rumore da traffico marittimo interessa prevalentemente la banda da pochi Hz fino ad 1kHz per le navi di grande tonnellaggio, ma può estendersi a vari kHz per navi piccole e barche medio-grandi, come i rimorchiatori. Barche di piccole dimensioni emettono rumore con Source Level più limitato, ma caratterizzato da una banda molto larga, anche fino a 100 kHz e oltre.

Tuttavia in acqua i suoni ad alta frequenza (a partire da 15-20kHz) si attenuano rapidamente in ragione della distanza percorsa, quindi il rumore emesso da piccoli natanti può essere percepito dai sensori acustici subacquei solo se il passaggio avviene a distanze molto ravvicinate (nel raggio di centinaia di metri fino ad un km circa, a seconda del profilo di velocità del suono nell'area). Disponendo di stazioni a distanza crescente dal Terminale, e confrontando gli spettri relativi, è possibile verificare se in qualche punto della banda si verificano attenuazioni del rumore compatibili con l'attenuazione provocata dall'allontanamento dal Terminale.

In questo caso sono particolarmente utili le stazioni a 100 e a 1000 m. Una volta individuata la banda di frequenze interessata e la relativa attenuazione del livello di rumore, per verificare se effettivamente l'attenuazione sia da attribuirsi all'allontanamento dal Terminale è necessario definire un modello dell'ambiente in cui si propaga il suono che permetta di trovare una corrispondenza fra valori simulati e valori sperimentali.

Tale modello, oltre a validare l'ipotesi di emissione da parte del Terminale, può permettere di calcolare alcune caratteristiche della sorgente quali il Source Level, che può quindi essere confrontato con i valori soglia.

Definizione generale di un modello di propagazione del suono

Si può predire come il suono si propaga in una guida d'onda applicando un modello di propagazione del suono nell'acqua. Tale modello ha necessità che vengano definiti una serie di parametri che descrivono le caratteristiche dell'ambiente e della sorgente sonora da modellare:

1. Definizione dei parametri geometrici con informazioni su batimetria, rugosità della superficie del mare, (superfici dei possibili substrati del fondale), posizione della sorgente e posizione dei ricevitori.
2. Definizione dei parametri oceanografici con informazioni sulle correnti marine e sul profilo della velocità di propagazione del suono nell'acqua al variare della profondità.
3. Definizione dei parametri geofisici del sedimento marino, considerato come strati omogenei e, per ogni strato, densità, velocità delle onde acustiche compressionali e relativa attenuazione (e possibilmente velocità delle onde acustiche di taglio e relativa attenuazione nel caso di strati solidi)
4. Definizione della sorgente acustica, imponendo la forma d'onda emessa, il Source Level per ogni frequenza e la direttività spaziale di emissione.

In mare il numero di informazioni disponibili è sempre limitato e parziale; d'altro canto la maggior parte dei modelli necessitano la semplificazione di alcuni modelli di input o per loro natura o per non rendere troppo oneroso il carico computazionale. Pertanto non è possibile aspettarsi un'assoluta corrispondenza fra i risultati ottenuti da un modello di propagazione e i dati sperimentali. L'ambiente in cui il suono si propaga è senza dubbio tridimensionale, ma nessun modello tridimensionale di propagazione in una guida d'onda è disponibile nella comunità scientifica, a meno che non si sia dotati di supercalcolatori (che sfruttano calcolo parallelo). Viene quindi adottato un modello bidimensionale, ampiamente utilizzato nella comunità scientifica, che presuppone che la propagazione del suono abbia geometria cilindrica, in modo che il calcolo si limiti ad un dominio piano limitato, cioè il piano "range-depth". Uno dei modelli che meglio risponde alle esigenze di lavorare a frequenze relativamente alte con buone prestazioni di velocità computazionale ed eventualmente di gestire geometrie "range-dependent" è Bellhop, largamente usato e estensivamente verificato e validato. Bellhop può lavorare in ipotesi sia di Gaussian Beam Tracing sia di Ray Tracing.

Il modello Bellhop assume:

- Superficie del mare completamente piatta, a cui viene applicata la condizione al contorno di Dirichlet (pressione identicamente nulla);
- Caratteristiche geofisiche del fondale omogenee (nessuna stratificazione: il sedimento è un unico semispazio) e indipendenti dal range;
- Parametri oceanografici indipendenti dal range e assenza di correnti marine;

- Ricevitori ideali (cioè omnidirezionali e totalmente privi di rumore elettronico, con banda e dinamica infinite, e risposta in frequenza (sensibilità) piatta e lineare ovunque). [Naturalmente le caratteristiche reali dei ricevitori possono essere sempre modellate e applicate al risultato ottenuto dalla simulazione].

I principali tipi di output restituiti dal modello sono:

- Il calcolo della Transmission Loss (TL) ad ogni punto di osservazione sul piano range-depth definito dal modello per ogni frequenza scelta.
- Tutti i percorsi che i raggi lanciati dalla sorgente seguono sul piano range-depth.

In questo lavoro sono stati scelti per il modello Bellhop la modalità di calcolo "Gaussian Beam", più accurata di quella "Ray Tracing", e il calcolo della Transmission Loss di tipo Incoerente. Quest'ultima scelta è dettata da due principali motivazioni:

1. le informazioni a priori del modello non sono sufficientemente accurate per permettere che il calcolo coerente possa essere realistico e, ancora più importante,
2. assumere la superficie del mare piatta non consente di introdurre quell'effetto di perdita di coerenza del segnale che invece caratterizza i multipath reali e che quindi viene in qualche maniera simulata con il calcolo incoerente del campo di pressione puntuale.

La base fisica fondamentale su cui è basato il modello è mostrata in **Figura 5** e descrive come le onde acustiche si propagano sul piano seguendo particolari percorsi nelle direzioni indicate dai raggi (o coni) in funzione di come la velocità del suono cambia con la profondità.

I casi di base prevedono una velocità del suono che abbia un gradiente negativo, positivo o costante rispetto alla variazione di profondità.

Ognuna di queste tre condizioni fa sì che i raggi lanciati da una sorgente abbiano percorsi totalmente differenti, come indicato nei disegni: rispettivamente essi tendono a curvare verso il basso, verso l'alto o ad seguire segmenti di retta. Dalla combinazione di queste tre situazioni fondamentali seguono tutti i casi possibili di profilo di velocità, poiché un profilo di velocità comunque complicato potrà sempre essere scomposto in segmenti appartenenti ad uno dei tre tipi base.

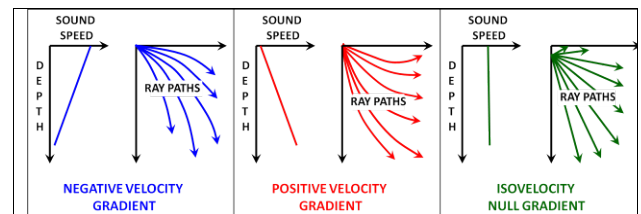


Figura 5 - Schema dei tre tipi fondamentali di andamento che i raggi/coni acustici possono assumere nel piano range-depth al variare del profilo della velocità del suono con la profondità.

Definizione del modello di propagazione del suono sulla base delle informazioni e misure disponibili sull'ambiente da monitorare

Definizione dei parametri geometrici

Considerando le stazioni di misura, poste lungo i 2 assi principali Nord-Sud e Est-Ovest, anche i nostri piani di propagazione verranno presi lungo tali assi. La descrizione geometrica della linea di fondale viene ricavata dall'analisi della batimetria della zona che nel caso di studio, variando (eccetto a 10km di distanza sia verso est sia verso ovest) tra 100m e 120m (quindi con una variabilità non significativa in un'area di vari km²) è stata approssimata a 115m costanti. Poiché il modello Bellhop non ammette superfici del mare rugose anche il confine superiore della guida d'onda è piatta. Per le frequenze di nostro interesse (fino a qualche decina di kHz) questa approssimazione è generalmente accettabile, almeno con buone condizioni del mare (sea-state 1-2).

Definizione dei parametri geofisici

Avendo scarsissime informazioni a disposizione il sedimento marino viene modellato come un semi-spazio omogeneo di sabbia. Il sedimento è modellato come fluido, quindi non supporta onde di taglio. Parametri tipici di un fondale del genere sono:

velocità di propagazione delle onde compressionali:

$$c_{sed} = 1680 \text{ m/s}$$

$$\text{attenuazione } \alpha_{sed} = 0,5 \text{ dB}/\lambda,$$

$$\text{densità } \rho_{sed} = 1900 \text{ kg/cm}^3.$$

Valutare almeno lo strato superficiale del sedimento come omogeneo nell'area di interesse è considerato sufficientemente realistico. Poiché il nostro maggiore interesse è sulle frequenze dell'ordine dei kHz, il fatto di trascurare la presenza di sottostrati più duri è una semplificazione accettabile.

Definizione dei parametri oceanografici

Queste informazioni, basate su misure di CTD condotte insieme a quelle acustiche, sono range-independent per quel che riguarda il profilo di velocità e i parametri geofisici, quindi si dovrà scegliere un solo profilo per ogni piano range-depth che si vorrà considerare.

2.6.2 Bioacustica

La sorveglianza bioacustica sulla presenza di cetacei è stata effettuata sulla piattaforma di opportunità catamarano KRILL attrezzato per il monitoraggio bioacustico sulla fauna marina, utilizzando idrofoni mod. C 303 della Cetacean Research trainati dietro l'imbarcazione a circa 30 m. Il survey acustico è stato effettuato su transetti ortogonali posizionati nel settore a NE ad distanza tra 5 e 10km dal Terminale FSRU. Lo scopo di tale survey è, in caso di incontro con cetacei nell'area, registrare le emissioni emesse ed evidenziare se, dalle comparazioni con emissioni presenti nel database del Centro CETUS, si evidenzino modifiche nei sonogrammi e spettrogrammi di emissione, nonché comportamentali dei cetacei incontrati.

Per le registrazioni è stato utilizzato un software dedicato con funzioni di ascolto, visione e registrazione sempre attive. Per la fase di ascolto sono state utilizzate cuffie e casse stereo con alternanza di ascoltatori ogni ora.

3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2015

3.1 COLONNA D'ACQUA

3.1.1 Profili idrologici

La **temperatura** (Figura 6) varia tra 14,36°C e 17,67°C valori conformi alle temperature autunnali dell'area di monitoraggio; inoltre sempre in linea con il periodo non si osservano termoclini lungo la colonna d'acqua. Le variazioni maggiori nei valori misurati si osservano tra i 30 e gli 80 metri di profondità, mentre nella fascia superficiale ed in quella profonda le temperature si mantengono piuttosto costanti.

La **salinità** (Figura 7) varia impercettibilmente nella colonna d'acqua con un andamento tipico del periodo. I valori risultano compresi tra 37,40 ppt e 38,01 ppt, con le variazioni maggiori tra 0 e 10-15 metri di profondità. Nei primi metri la salinità tende a diminuire, successivamente rimane invariata ed aumenta nuovamente dagli 80 metri fino a 112-115 metri di profondità.

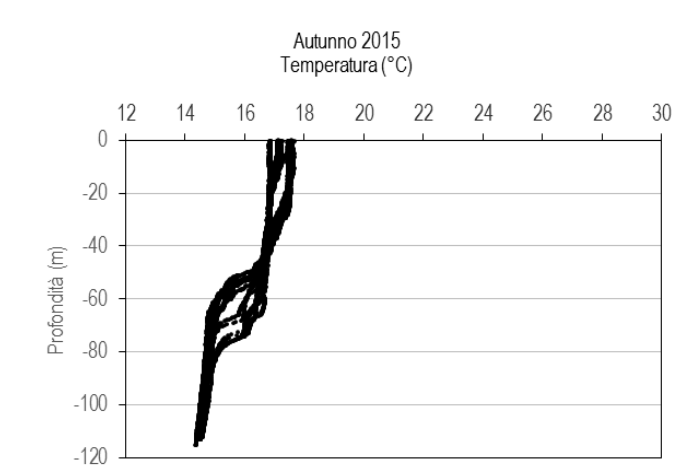


Figura 6 – Profili di temperatura (°C).

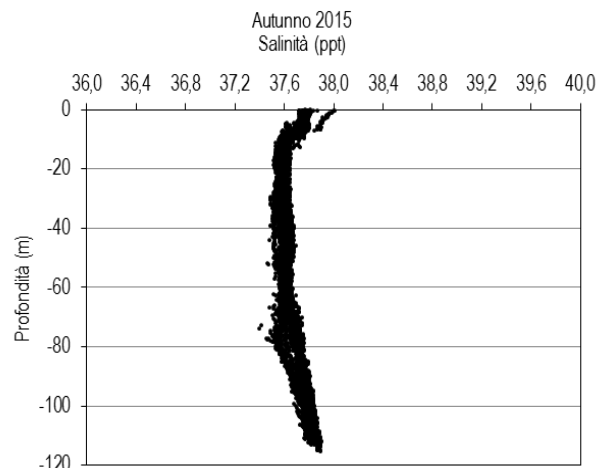


Figura 7 - Profili di salinità (ppt).

Il diagramma T/S (Temperatura/Salinità) (Figura 8) mostra che le variazioni nelle masse d'acqua intorno al rigassificatore siano ridotte.

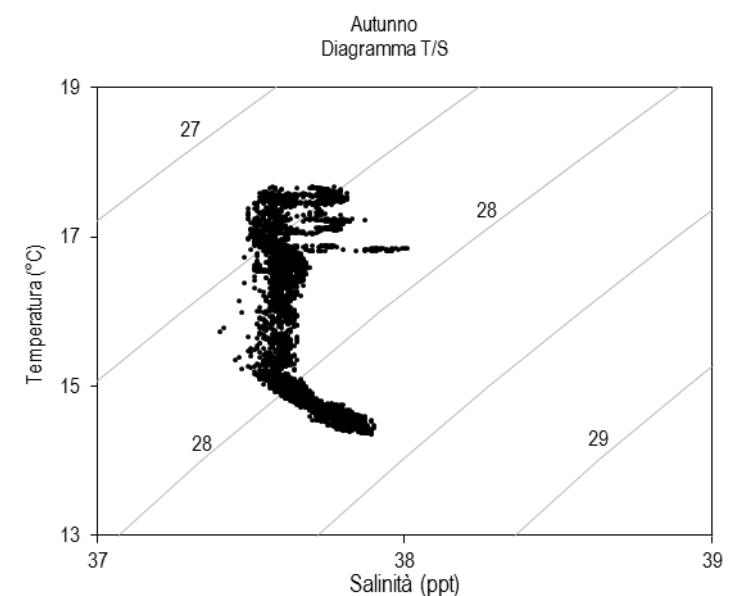


Figura 8 – Diagramma T/S

La percentuale di **saturation dell'ossigeno disciolto, DO%**, (Figura 9) presenta valori che variano da 92,56% a 99,82%. Tali valori sono più bassi nei primi 50 metri e tendono ad aumentare con l'aumento della profondità. Lungo la colonna d'acqua la percentuale di saturazione aumenta progressivamente dai 50 metri di profondità raggiungendo i valori massimi in prossimità del fondo.

La clorofilla tramite **fluorescenza** (Figura 10) esibisce valori in un range che va da 0,05 a 0,69 µg/l con le variazioni maggiori nei primi 60 metri di profondità.

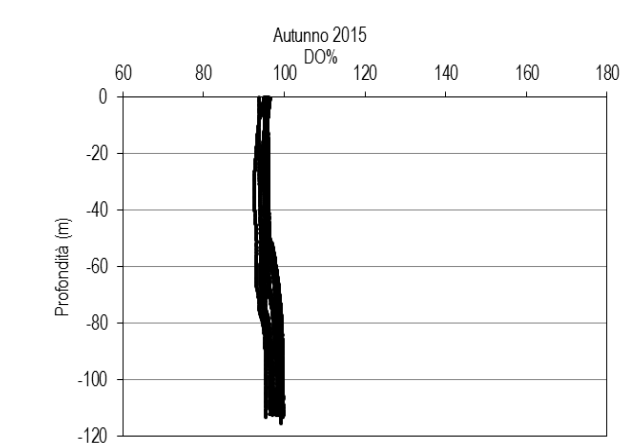


Figura 9 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).

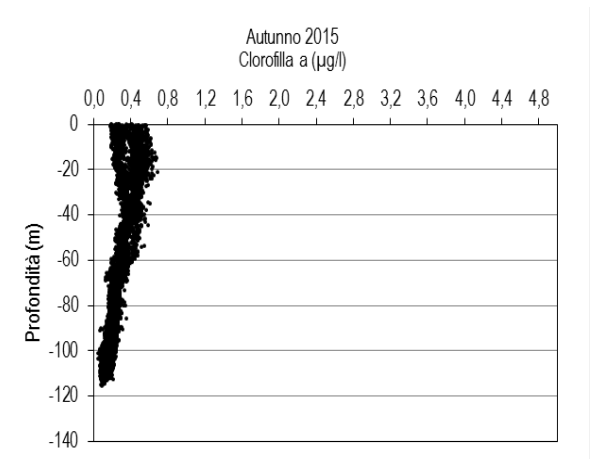


Figura 10 – Profili di clorofilla tramite fluorescenza.

I valori di pH (Figura 11) sono compresi tra 7,90 e 8,30, variano quindi in un range molto ristretto. Il pH risulta leggermente più elevato scendendo dalla superficie fino ai 60 metri di profondità poi tende a decrescere fino agli 80 metri per poi aumentare nuovamente in prossimità del fondo.

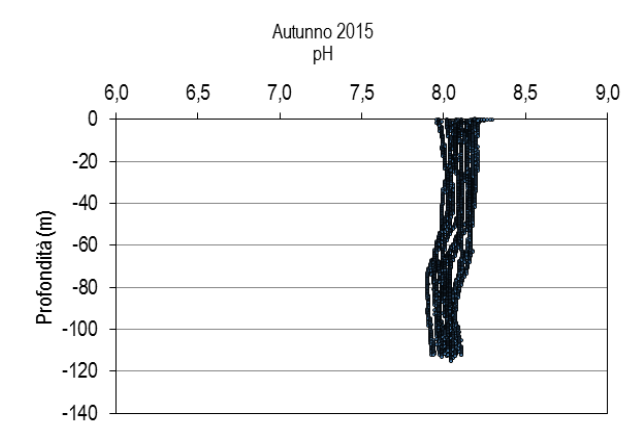


Figura 11 – Profili di pH.

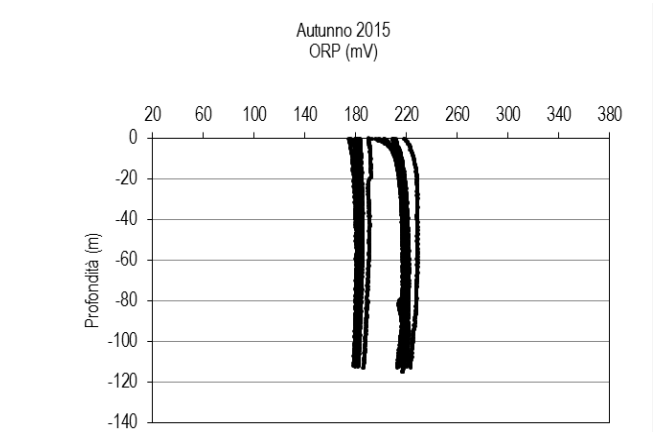


Figura 12 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.

I valori del **potenziale redox, ORP**, (Figura 12) variano tra 173,98 e 229,11 mV. Il potenziale aumenta dalla superficie fino ai 20 metri di profondità poi si mantiene più o meno costante fino agli 80 metri, profondità alla quale inizia a diminuire.

I valori di **torbidità** sono risultati tutti molto bassi andando da un minimo di 0,20 NTU ad un massimo di 2,13 NTU (Figura 13).

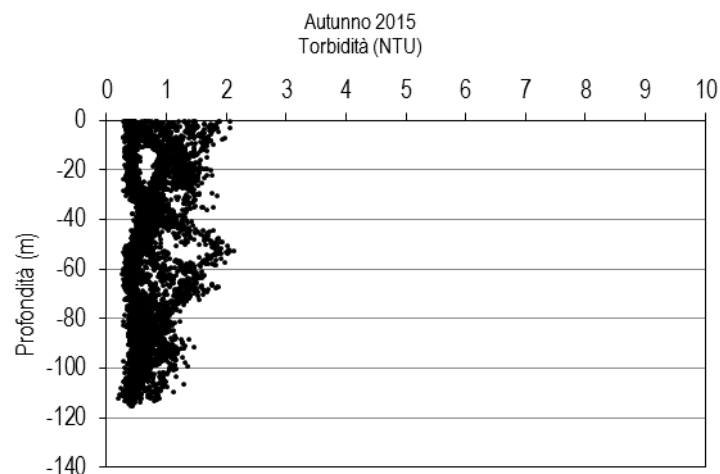


Figura 13 – Profili di torbidità (NTU).

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 14** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni A15 MG7 e A15 MG10. L'attenuazione della irradianza PAR e quindi la profondità della zona eufotica (Z_{eu}) sono molto differenti alle due stazioni cosicché alla stazione A15 MG7 la Z_{eu} è elevata, raggiungendo 65 m cioè valori ancora tipici della situazione estiva. Al contrario la Z_{eu} della stazione A15 MG10 risulta di 39 m e quindi molto più bassa, con un valore simile a quelli più tipicamente invernali. Questa differenza di trasparenza nella colonna d'acqua è dovuta essenzialmente al momento di campionamento differente fra le due stazioni: prima di una forte perturbazione A15 MG7, dopo A15 MG10. Analogamente, nelle altre stazioni campionate prima della perturbazione (A15 MG5, A15 MG6, A15 MG12, A15 MG 13) la Z_{eu} varia da 56 m (A15 MG12) a 64,5 m (A15 MG5), mentre in quelle effettuate successivamente Z_{eu} risulta simile a quella di A15 MG10, variando tra 41 m (A15 MG9) e 37,5 m (A15 MG3).

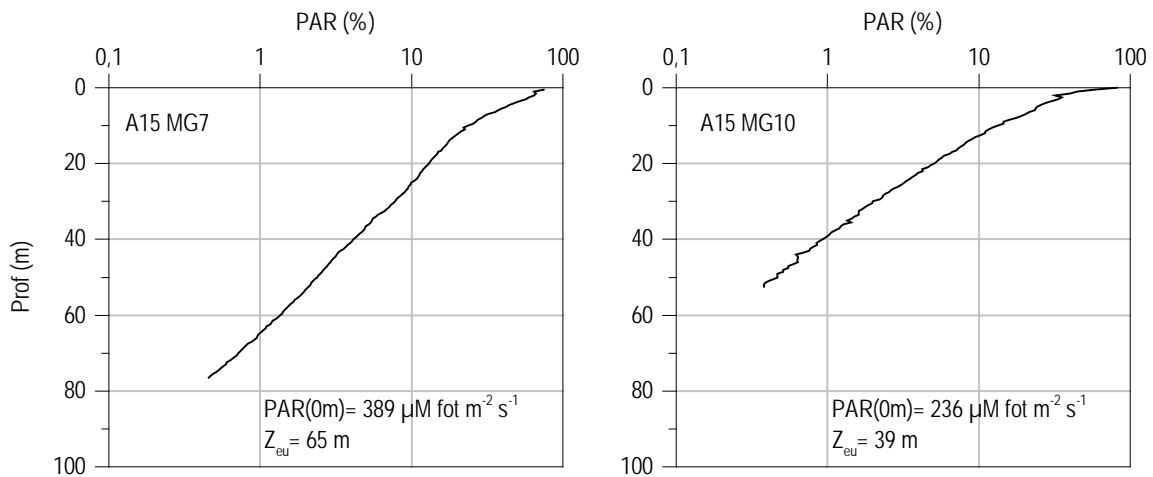


Figura 14 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni A15 MG7 e A15 MG10.

In **Figura 15** sono riportati gli spettri della irradianza discendente tra 400 e 700 nm in superficie e alle varie profondità insieme con quelli della irradianza ascendente a 5 m, tutti normalizzati per i loro massimi, alle stazioni A15 MG7 e A15 MG10.

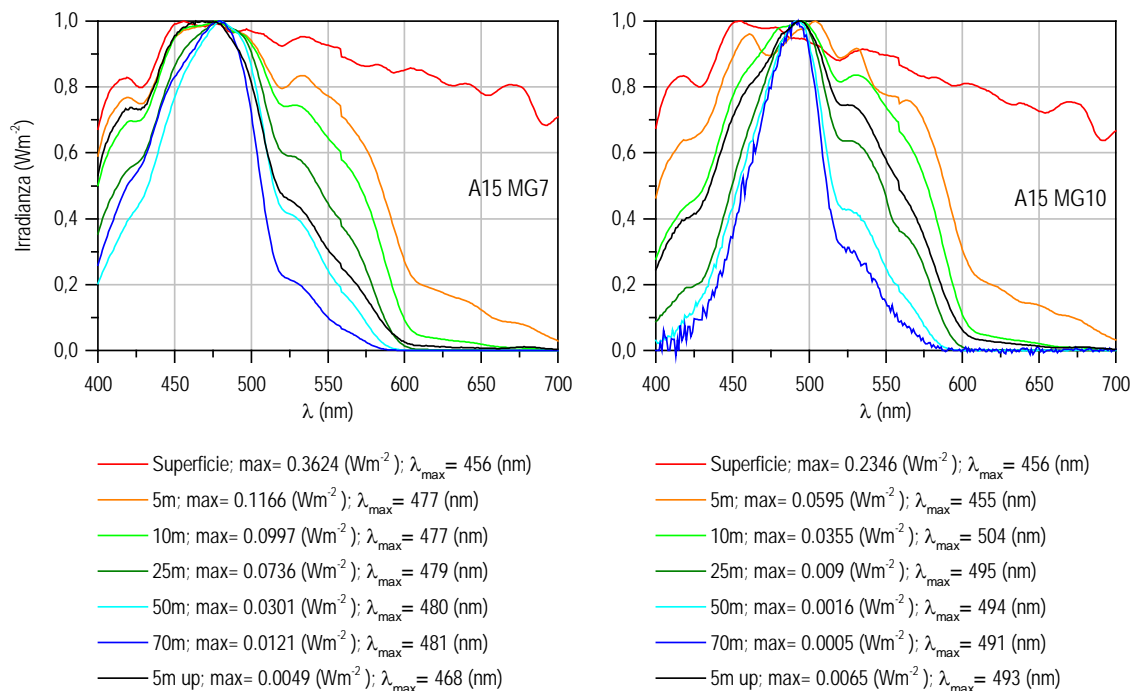


Figura 15 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).

Le differenze fra le due stazioni A15 MG7 e A15 MG10 e più in generale fra quelle effettuate prima e dopo la perturbazione si confermano anche dall'analisi degli spettri di riflettanza. La differenza più evidente è la lunghezza d'onda del massimo di irradianza (λ_{max}) che negli spettri alle maggiori profondità si attesta a circa 480 nm in A15 MG7 e in generale nelle stazioni effettuate prima della perturbazione, mentre si sposta in avanti fino a 490 nm ed oltre in A15 MG10 ed alle altre effettuate dopo la perturbazione.

3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 16** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate. La situazione nutritiva del campionamento autunnale è caratterizzata principalmente dal netto aumento dei due nutrienti azotati, nitriti e nitrati, che presentano concentrazioni di circa un ordine di grandezza più elevate (media generale nitriti: $0,203 \mu\text{M}$; nitrati: $1,153 \mu\text{M}$) lungo tutta la colonna d'acqua rispetto alla campagna estiva, come da attendersi in relazione alla stagione autunnale in cui il raffreddamento delle acque favorisce il maggiore rimescolamento tra superficie e strati più profondi. Concentrazioni un po' più elevate sono osservabili anche a carico di fosfati e silicati (media generale fosfati: $0,125 \mu\text{M}$; silicati: $1,295 \mu\text{M}$) ma in misura minore rispetto all'azoto. Esaminando la distribuzione lungo la colonna d'acqua (**Figura 16**), generalmente si osserva una tendenza all'aumento dalla superficie al fondo, particolarmente per fosfati e silicati, ma si osserva anche una certa variabilità tra stazioni negli andamenti verticali. A15 MG3, A15 MG9, A15 MG10 (campionate dopo la perturbazione) presentano le maggiori concentrazioni superficiali di nitriti e nitrati, e le concentrazioni medie di tutti i nutrienti risultano maggiori mentre, per le altre stazioni (campionate prima della perturbazione) è più evidente l'aumento verso i massimi profondi a 70 m e le più basse medie per ogni nutriente. Silicati e fosfati presentano una distribuzione più omogenea lungo la colonna d'acqua (**Figura 16**), con massimi spesso a 12,5 m, come in A15 MG3 e A15 MG13. Come già emerso per le misure di irradianza, la variabilità riscontrata appare imputabile alla perturbazione meteo-marina incorsa durante il periodo di campionamento.

Tabella 16 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).

Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3	Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3
A15 MG3	0,5	1,162	0,099	0,225	1,160	A15 MG9	0,5	1,086	0,315	0,206	1,883
	12,5	1,187	0,221	0,391	1,523		12,5	1,333	0,118	0,231	1,199
	50	1,186	0,074	0,149	0,975		50	1,191	0,106	0,249	1,146
	70	2,071	0,175	0,312	1,939		70	1,609	0,101	0,142	1,732
A15 MG5	0,5	1,168	0,118	0,081	0,547	A15 MG10	0,5	1,376	0,092	0,211	1,300
	12,5	1,061	0,085	0,222	0,510		12,5	1,231	0,142	0,222	1,552
	50	1,094	0,079	0,154	0,394		50	1,147	0,086	0,275	1,077
	70	1,393	0,127	0,214	1,396		70	1,538	0,172	0,260	1,680
A15 MG6	0,5	0,981	0,094	0,129	0,685	A15 MG12	0,5	1,310	0,114	0,195	0,514
	12,5	1,006	0,111	0,096	1,038		12,5	1,391	0,104	0,138	0,544
	50	1,172	0,083	0,257	1,089		50	1,133	0,088	0,231	1,580
	70	1,629	0,158	0,477	1,277		70	1,464	0,129	0,192	1,480
A15 MG7	0,5	1,093	0,093	0,140	0,598	A15 MG13	0,5	1,015	0,092	0,081	0,570
	12,5	1,459	0,133	0,104	0,910		12,5	1,319	0,191	0,167	1,080
	50	1,120	0,130	0,075	1,342		50	1,211	0,095	0,272	1,284
	70	1,659	0,162	0,196	1,524		70	1,644	0,108	0,217	1,362

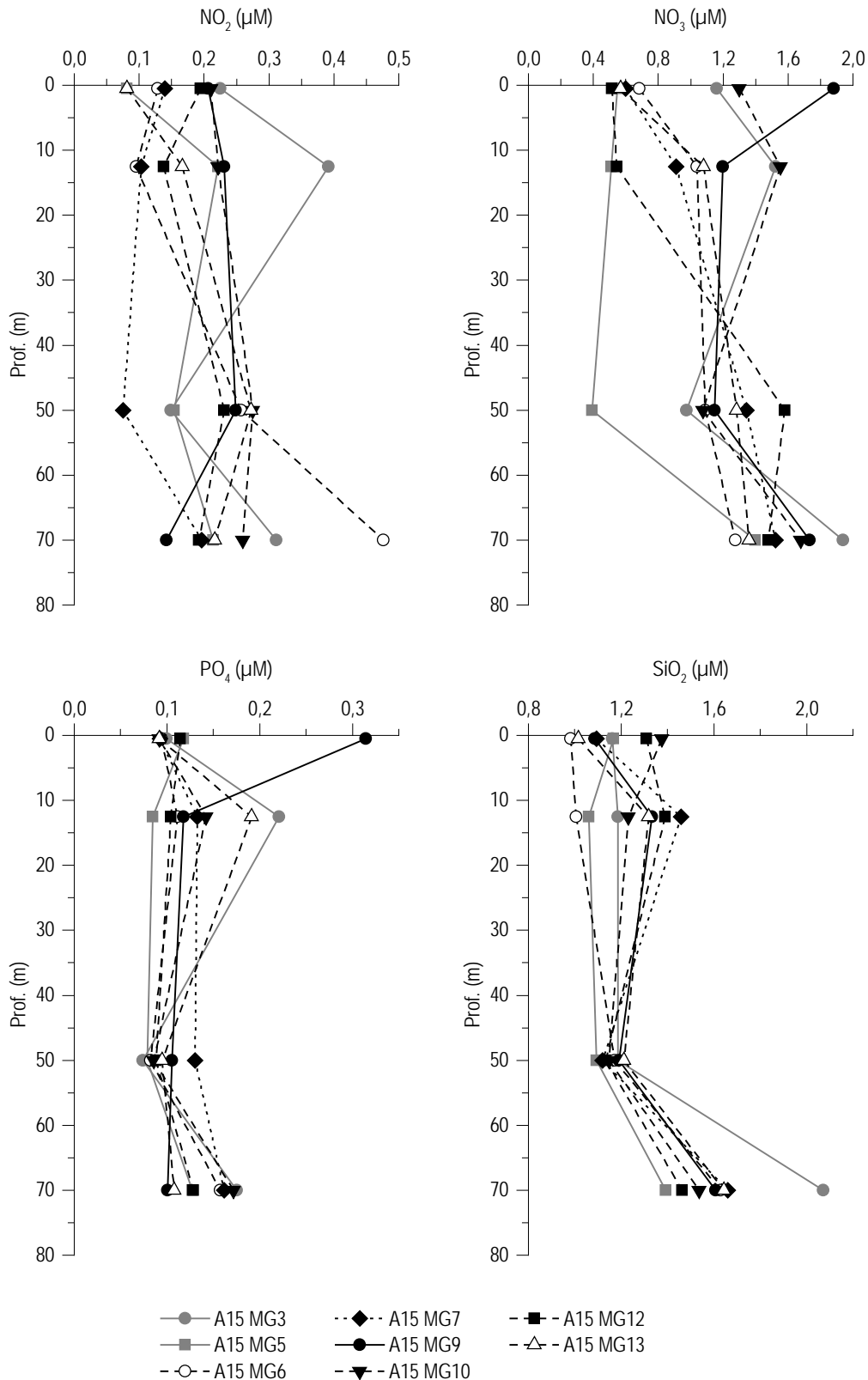


Figura 16 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 17**. Il valore medio generale è 1,118 mg/l, con un minimo di 0,536 mg/l in A15 MG13 a 12,5 m ed un massimo di 2,433 mg/l in A15 MG3 a 12,5 m. Inoltre la media dei valori di TSM nelle stazioni campionate prima della perturbazione è 0,971 mg/l mentre la media ottenuta in quelle campionate dopo è 1,363 mg/l.

I profili batimetrici di TSM (**Figura 17**) mostrano che alle profondità maggiori, specialmente a 50 m, le concentrazioni di TSM sono abbastanza simili in tutte le stazioni e le differenziazioni si riscontrano essenzialmente alle quote di 0,5 e 12,5 m. Alle tre stazioni (A15

MG3, A15 MG9, A15 MG10) effettuate dopo la perturbazione, a queste quote, si riscontrano le concentrazioni più elevate, con massimi evidenti a 12,5 m in A15 MG3 e A15 MG9 mentre A15 MG10 presenta il massimo nel campione superficiale. Tra le stazioni effettuate prima della perturbazione (A15 MG5, A15 MG6, A15 MG7, A15 MG12, A15 MG13) emerge il massimo superficiale osservato in A15 MG12, mentre gli altri valori oscillano intorno a valori di poco inferiori ad 1 mg/l.

La frazione di POM (frazione organica) rispetto al TSM è in media del 18,27%, variando tra il 7,83% (A15 MG7 0,5 m) ed il 56,33% (E15 MG6 12,5 m). La frazione di POM risulta in media del 19,39% alle stazioni effettuate prima della perturbazione e del 16,39% in quelle post perturbazione. Tra i profili batimetrici (Figura 17) della concentrazione di POM, emerge quello della stazione A15 MG6 che presenta un massimo a 12,5 m. Fra gli altri profili emerge quello della A15 MG3 per i valori alti a 12,5 e 50 m. Le altre stazioni presentano valori simili a tutte le profondità.

Tabella 17 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	A15 MG3	1,3968	A15 MG9	1,1008
12,5		2,4328		1,7920
50		1,1625		0,8522
70		1,1998		0,9663
0,5	A15 MG5	0,9270	A15 MG10	1,5640
12,5		0,8543		1,3227
50		1,1010		1,1713
70		0,8910		1,3940
0,5	A15 MG6	0,7667	A15 MG12	1,9827
12,5		1,1243		0,9133
50		0,9145		0,9790
70		1,1200		1,0057
0,5	A15 MG7	0,9500	A15 MG13	0,6957
12,5		0,9270		0,5357
50		1,0037		0,8497
70		1,0103		0,8720

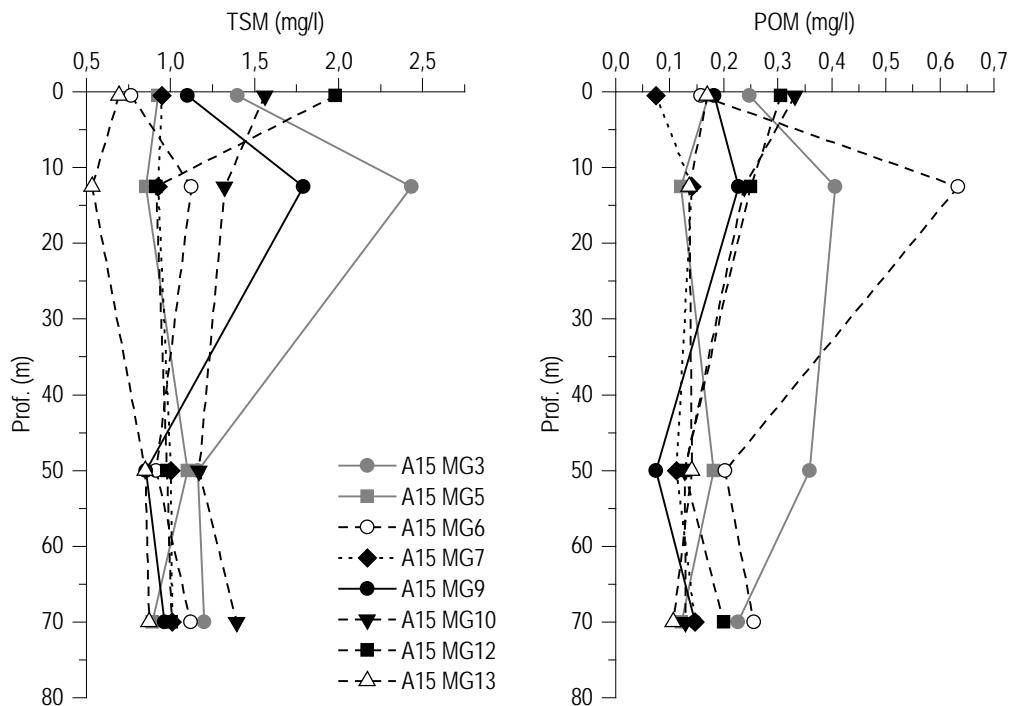


Figura 17 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) sono in media $0,143 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,018 \text{ m}^{-1}$ alla stazione A15 MG13 (0,5 m) ad un massimo di $0,352 \text{ m}^{-1}$ in A15 MG6 a 70 m (Tabella 18). I profili batimetrici di $a_{CDOM(325)}$ risultano abbastanza simili in tutte le stazioni ad eccezione dei valori superficiali, i quali costituiscono un massimo per tutte le stazioni ad esclusione di A15 MG7 e A15 MG13 dove invece si colloca un minimo (Figura 18). Dalla profondità di 12,5 ai 70 m tutti i profili mostrano un andamento crescente con la profondità (Figura 18).

Tabella 18 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$
0,5		0,1098		0,1228
12,5	A15 MG3	0,0650	A15 MG9	0,0832
50		0,1238		0,1485
70		0,2904		0,2378
0,5		0,1420		0,1162
12,5	A15 MG5	0,0784	A15 MG10	0,0727
50		0,1426		0,1463
70		0,2972		0,2465
0,5		0,1225		0,1340
12,5	A15 MG6	0,0861	A15 MG12	0,0625
50		0,1537		0,1323
70		0,3518		0,2484
0,5		0,0308		0,0175
12,5	A15 MG7	0,0266	A15 MG13	0,0410
50		0,1522		0,0994
70		0,3268		0,1644

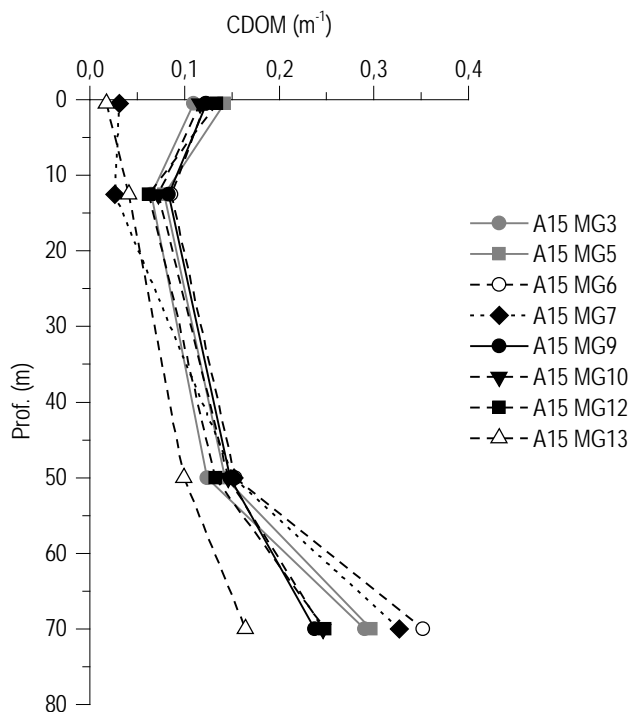


Figura 18 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La clorofilla *a* presenta una concentrazione media di $0,259 \text{ mg/m}^3$ e varia da un minimo di $0,099 \text{ mg/m}^3$ in A15 MG7 a 70 m ad un massimo di $0,590 \text{ mg/m}^3$ in A15 MG10 a 0,5 m (Tabella 19), inoltre, le medie delle concentrazioni delle stazione campionate prima (A15 MG5, A15 MG6, A15 MG7, A15 MG12, A15 MG13) e dopo la perturbazione (A15 MG3, A15 MG9, A15 MG10) sono rispettivamente $0,210$

mg/m³ e 0,345 mg/m³. Anche i profili batimetrici (Figura 19) delle stazioni sono differenziati fra quelli prima della perturbazione, che presentano valori più bassi e simili dalla superficie a 50 m, e quelli post perturbazione, che presentano invece dei massimi superficiali netti e concentrazioni più elevate fino a 50 m. Le concentrazioni di clorofilla *a* a 70 m sono simili in entrambi i gruppi di stazioni.

Tabella 19 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³
0,5	A15 MG3	0,5302	A15 MG9	0,4833
12,5		0,4450		0,4868
50		0,2282		0,2317
70		0,1076		0,1253
0,5	A15 MG5	0,2014	A15 MG10	0,5897
12,5		0,2032		0,4468
50		0,2045		0,3001
70		0,1803		0,1686
0,5	A15 MG6	0,2643	A15 MG12	0,2095
12,5		0,2978		0,2587
50		0,2207		0,2026
70		0,1508		0,1298
0,5	A15 MG7	0,2147	A15 MG13	0,2496
12,5		0,2312		0,2618
50		0,1971		0,2244
70		0,0993		0,1395

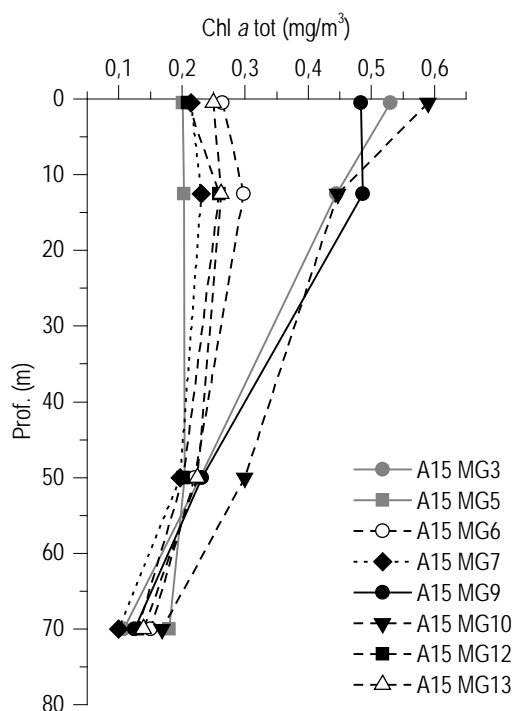


Figura 19 - Profili della concentrazione di clorofilla *a* tot, alle diverse stazioni.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in Tabella 20. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Hex-Fuco (media 0,0509, max 0,0811 mg/m³), seguono Chl *b* (media 0,0433, max 0,0840 mg/m³), Fuco (media 0,0320, max 0,1090 mg/m³), DVA (media 0,0247, max 0,0613 mg/m³), But-Fuco (media 0,0245, max 0,0362 mg/m³), Zea (media 0,0220, max 0,0378 mg/m³), Perid (media 0,0077, max 0,0114 mg/m³), Allo (media 0,0054, max 0,0357 mg/m³) e Prasino (media 0,0019, max 0,0067 mg/m³). La stima della composizione tassonomica delle comunità fitoplanctoniche effettuata sulla base dei rapporti dei singoli pigmenti rispetto alla somma totale dei diagnostici è riportata in Figura 20. In media i maggiori contributi sono dati da Hex-Fuco (24,20%), Chl *b* (20,82 %) e Fuco

(13,41%), seguiti da DVA (12,40%) e Zea (10,81%), pigmenti diagnostici della frazione picoplanctonica che non è valutabile dalle analisi microscopiche. Le differenze fra le stazioni campionate prima (A15 MG5, A15 MG6, A15 MG7, A15 MG12, A15 MG13) e dopo la perturbazione (A15 MG3, A15 MG9, A15 MG10) risultano abbastanza evidenti anche nei rapporti fra i principali pigmenti fitoplanctonici. Queste differenze riguardano principalmente lo strato superficiale sia a 0,5 che 12,5 m. In questo strato, prima della perturbazione, Hex-Fuco (marker di Prymnesiophyceae Coccolitofori) è dominante arrivando fino a circa il 40%, Zea (marker dei Cyanobatteri assimilabili al genere *Synechococcus*) rappresenta il 15-20%, mentre Fuco (marker delle Diatomee) supera di poco il 10%. Al contrario, nelle stazioni effettuate dopo la perturbazione aumenta Fuco fino a circa il 40%, diminuisce Hex-Fuco, diminuisce molto anche Zea e compaiono frazioni significative (5-10%) di Allo (marker delle Cryptophyceae). In questo strato le frazioni di Chl *b* (marker delle Chlorophyta) e But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori) rimangono abbastanza costanti nei due gruppi di stazioni con rispettivamente circa il 10-20% e 5-10%. La differenziazione fra le stazioni campionate pre e post perturbazione scompare alle profondità di 50 e 70 m. A queste profondità la Chl *b* risulta il pigmento dominante specialmente a 70 m e può oltrepassare il 35%, probabilmente anche per la notevole presenza di Cyanobatteri del genere *Prochlorococcus* che la contengono, si evidenziano inoltre, una frazione importante di Hex Fuco, che può superare il 20% specialmente a 50 m, e contributi sempre significativi di DVA (marker dei Cyanobatteri del genere *Prochlorococcus*) che possono arrivare al 24% a 70 m. La But-Fuco è presente con percentuali simili a quelle dello strato soprastante mentre la Fuco non supera mai il 10%.

Tabella 20 - Concentrazioni (mg/m³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
A15 MG3	0,5	0,0908	0,0096	0,0561	0,0235	0,0040	0,0282	0,0161	0,0034	0,0476
	12,5	0,0867	0,0092	0,0564	0,0279	0,0037	0,0144	0,0232	0,0151	0,0455
	50	0,0212	0,0070	0,0408	0,0234	0,0032	0,0023	0,0224	0,0345	0,0619
	70	0,0086	0,0056	0,0206	0,0206	0,0000	0,0000	0,0061	0,0291	0,0482
A15 MG5	0,5	0,0143	0,0086	0,0476	0,0183	0,0000	0,0022	0,0322	0,0150	0,0273
	12,5	0,0151	0,0097	0,0486	0,0188	0,0000	0,0020	0,0338	0,0222	0,0220
	50	0,0147	0,0088	0,0536	0,0234	0,0014	0,0024	0,0265	0,0233	0,0375
	70	0,0166	0,0078	0,0330	0,0362	0,0023	0,0013	0,0194	0,0613	0,0751
A15 MG6	0,5	0,0212	0,0063	0,0744	0,0187	0,0013	0,0028	0,0299	0,0217	0,0216
	12,5	0,0268	0,0052	0,0811	0,0227	0,0016	0,0025	0,0345	0,0131	0,0263
	50	0,0185	0,0060	0,0535	0,0240	0,0009	0,0024	0,0185	0,0321	0,0360
	70	0,0137	0,0048	0,0232	0,0281	0,0000	0,0006	0,0082	0,0404	0,0577
A15 MG7	0,5	0,0142	0,0080	0,0467	0,0150	0,0006	0,0019	0,0329	0,0249	0,0207
	12,5	0,0222	0,0080	0,0426	0,0161	0,0003	0,0025	0,0378	0,0156	0,0247
	50	0,0199	0,0082	0,0521	0,0205	0,0000	0,0008	0,0280	0,0205	0,0171
	70	0,0095	0,0068	0,0171	0,0242	0,0008	0,0000	0,0061	0,0264	0,0596
A15 MG9	0,5	0,0911	0,0091	0,0726	0,0293	0,0067	0,0182	0,0252	0,0136	0,0346
	12,5	0,1090	0,0096	0,0589	0,0251	0,0044	0,0127	0,0187	0,0038	0,0415
	50	0,0249	0,0064	0,0447	0,0282	0,0025	0,0027	0,0232	0,0363	0,0623
	70	0,0095	0,0067	0,0269	0,0240	0,0019	0,0006	0,0073	0,0304	0,0589
A15 MG10	0,5	0,0917	0,0114	0,0717	0,0298	0,0063	0,0357	0,0182	0,0168	0,0641
	12,5	0,0794	0,0107	0,0577	0,0248	0,0030	0,0126	0,0212	0,0136	0,0478
	50	0,0482	0,0082	0,0576	0,0304	0,0022	0,0042	0,0274	0,0312	0,0502
	70	0,0139	0,0092	0,0386	0,0339	0,0016	0,0013	0,0110	0,0452	0,0840
A15 MG12	0,5	0,0158	0,0082	0,0598	0,0184	0,0013	0,0024	0,0258	0,0118	0,0180
	12,5	0,0178	0,0080	0,0757	0,0231	0,0016	0,0029	0,0346	0,0228	0,0406
	50	0,0207	0,0075	0,0510	0,0245	0,0011	0,0024	0,0139	0,0312	0,0448
	70	0,0113	0,0066	0,0234	0,0292	0,0010	0,0008	0,0073	0,0387	0,0638
A15 MG13	0,5	0,0227	0,0059	0,0796	0,0218	0,0011	0,0041	0,0345	0,0148	0,0138
	12,5	0,0161	0,0066	0,0736	0,0192	0,0010	0,0027	0,0318	0,0171	0,0246
	50	0,0244	0,0068	0,0645	0,0291	0,0019	0,0022	0,0188	0,0307	0,0561
	70	0,0136	0,0056	0,0256	0,0314	0,0022	0,0002	0,0111	0,0349	0,0534

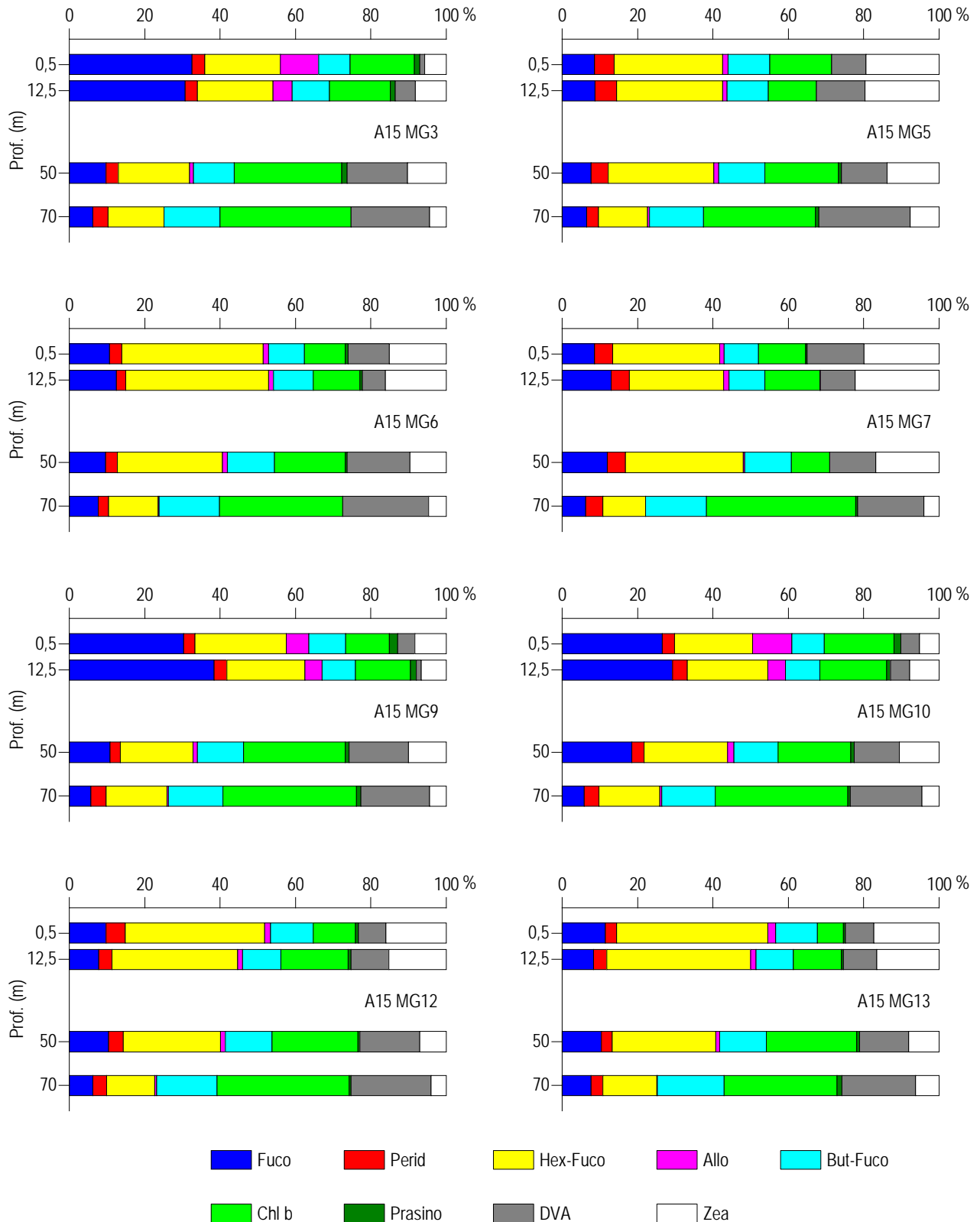


Figura 20 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove pigmenti Diagnostici (PD= Fuoco+Perid+Hex-Fuoco+But-Fuoco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei **tensioattivi non ionici (Tabella 21)** risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni. Al contrario sono presenti i **tensioattivi anionici** che mostrano il picco stagionale in A15 MG5 a 12,5 m di profondità, stazione posta a 200 m di distanza dal terminale. In tutti i casi si tratta di concentrazioni molto modeste.

Tabella 21 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.

Profondità	A15 MG3				A15 MG5				A15 MG6				A15 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	0,22	0,2	0,28	0,21	0,25	0,5	0,34	0,22	0,18	0,17	0,17	0,15	0,15	0,12	0,14	0,12
tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Profondità	A15 MG9				A15 MG10				A15 MG12				A15 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	0,09	0,11	0,38	0,07	0,1	0,14	0,14	0,14	0,18	0,16	0,14	0,12	0,12	0,09	0,26	0,08
tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 22**. Questi composti sono quasi assenti in tutte le stazioni. Solo il tricloro etilene è stato rilevato ovunque, sebbene in tutti i casi sia presente con concentrazioni molto basse prossime a limite di rilevabilità strumentale.

Tabella 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	A15 MG3				A15 MG5				A15 MG6				A15 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropirrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,02	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
A15 MG9				A15 MG10				A15 MG12				A15 MG13				

Tabella 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.																
Profondità (m)	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	0,06	0,06	<0,05	<0,05
Dicloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	<0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	<0,01	0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 23** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli **idrocarburi totali**. Questi contaminanti sono risultati presenti in 3 campioni di acqua.

Tabella 23 - Concentrazione degli idrocarburi totali (µg/l) presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.																
A15 MG3				A15 MG5				A15 MG6				A15 MG7				
0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	
< 10	< 10	< 10	18	40	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	60	< 10	< 10	< 10	< 10	
A15 MG9				A15 MG10				A15 MG13				A15 MG12				
0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	
< 10	< 10	19	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (**Tabella 24**) emerge l'assenza di contaminazione fecale.

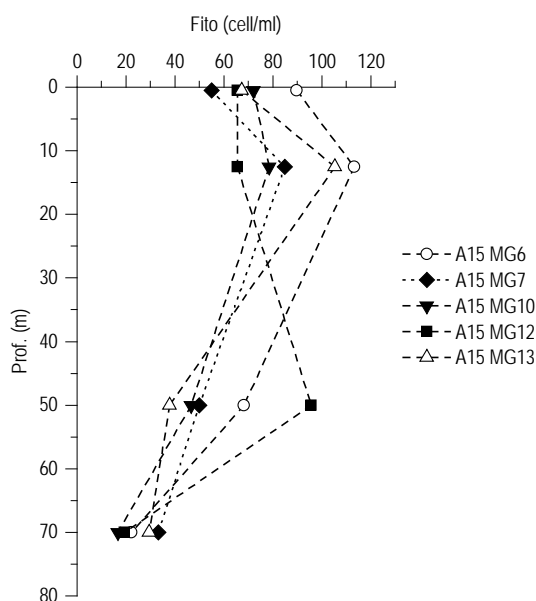
Tabella 24 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.								
	A15 MG3	A15 MG5	A15 MG6	A15 MG7	A15 MG9	A15 MG10	A15 MG13	A15 MG12
Coliformi fecali	-	-	-	-	-	-	-	-
Streptococchi fecali (enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi totali	-	-	-	-	-	-	-	-

3.1.3 Plancton

3.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche variano tra un minimo di 17 (A15 MG10 70 m) e massimi di circa 105 (A15 MG13 12,5 m) e 113 (A15 MG6 12,5 m) 10^3 cell/l (Tabella 25), con un andamento lungo il profilo verticale (), sostanzialmente omogeneo tra tutte le stazioni, che presenta massimi alla profondità di 12,5 m e una diminuzione verso i minimi valori a 70 m. Le classi mediamente più abbondanti sono le diatomee, con un massimo di circa $50 \cdot 10^3$ cell/l (A15 MG6 0,5 m) e contributi elevati, fino a oltre il 50% dell'abbondanza totale, come in A15 MG6 e A15 MG10 (Figura 21), e i coccolitofori, che contribuiscono alle densità totali dal 13 al 38% circa (Figura 22), soprattutto alle maggiori profondità. I dinoflagellati appaiono scarsamente presenti (Tabella 25), prevalentemente con forme atecate (Gymnodiniaceae). Sono poi sempre presenti con densità scarse ma variabili e a volte dominanti le classi di nanoflagellati inserite, insieme alle forme non identificate (flagellati n.i.), nel raggruppamento Altro plancton (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori) che, nel complesso, arriva ad un contributo medio del 30%. La presenza di queste classi è messa in evidenza anche dalla diversità pigmentaria (Figura 20), che conferma la notevole differenziazione delle comunità fitoplanctoniche. Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 166 taxa (Tabella 26), di cui si fornisce la lista in Tabella 27, con il maggior numero di specie identificate appartenente a diatomee e dinoflagellati (Tabella 26).


 Figura 21 - Profili verticali densità fitoplanctoniche totali (cell L⁻¹ 10³).

Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
A15 MG6	0,5	49,84	6,48	19,58	13,86	89,76
	12,5	31,29	14,90	29,13	37,93	113,26
	50	15,75	11,51	26,05	14,94	68,26
	70	3,79	7,32	6,10	5,01	22,22
A15 MG7	0,5	25,82	6,97	10,33	11,87	54,99
	12,5	15,24	12,80	11,18	45,79	85,01
	50	23,20	4,43	9,05	13,35	50,03
	70	4,64	9,79	9,79	8,93	33,16
A15 MG10	0,5	32,04	4,32	14,37	21,49	72,22
	12,5	40,35	3,14	14,16	20,82	78,47
	50	20,28	4,32	6,67	15,38	46,66
	70	3,43	5,47	3,37	4,51	16,78
A15 MG12	0,5	23,71	6,48	18,75	16,53	65,48
	12,5	25,08	7,18	17,57	15,76	65,59
	50	12,22	21,65	33,16	28,58	95,61
	70	6,44	2,56	5,65	4,80	19,46
A15 MG13	0,5	25,49	6,27	18,22	17,23	67,22
	12,5	19,94	14,13	21,81	49,58	105,46
	50	11,96	4,37	14,53	7,07	37,93
	70	5,01	5,78	5,92	12,81	29,52

Le comunità fitoplanctoniche risultano notevolmente differenziate, l'indice di diversità (Shannon) varia tra 3,22 e 4,21 bit/cell, mediamente più basso di quello valutato nel periodo estivo in quanto si ha maggiore dominanza di alcune specie con alte abbondanze che riduce i valori di equitabilità (Pielou) ad una media di 0,68. I massimi di densità cellulare nello strato 0,5 – 12,5 m (Figura 21), sono dovuti alla dominanza di *Chaetoceros curvisetus* (diatomea) e *Emiliania huxleyi* (coccolitofore), accompagnati prevalentemente da *Plagioselmis* cf. *prolonga* (Cryptophyceae), altri flagellati e diatomee in minore abbondanza (*Pseudo-nitzschia* spp., *Chaetoceros* spp., *Cylindrotheca closterium*). Nelle acque più profonde (50 e 70 m) rimane generalmente dominante *Emiliania huxleyi*, insieme ad una maggiore presenza di *Algirosphaera robusta* (coccolitofore), dinoflagellati (Gymnodiniaceae spp.) e *Cylindrotheca closterium*. Una situazione diversa appare in

A15 MG10 in cui risulta più omogenea la composizione tra 0,5 e 50 m, con prevalenza di *Emiliania huxleyi* e di *Cylindrotheca closterium* che sostituisce *Chaetoceros curvisetus* come diatomea dominante. Questa differenza può essere imputata alla situazione di perturbazione meteo-marina intercorsa tra la prima parte di campionamento, avvenuta nei giorni 18-19 novembre (A15 MG6, A15 MG7, A15 MG12, A15 MG13) e la seconda del 2 dicembre in cui è stata campionata A15 MG10: il raffreddamento delle acque e il conseguente maggior mescolamento avvenuto nello strato tra la superficie e i 50 m può aver determinato il trasporto e l'accrescimento maggiore nelle acque superficiali di *Cylindrotheca closterium* che nelle stazioni campionate precedentemente mostra maggiori abbondanze soprattutto nello strato profondo. In sintesi, le caratteristiche di abbondanza, composizione, diversità, delle comunità fitoplanctoniche appaiono coerenti con il periodo stagionale. Non si sono evidenziate particolari anomalie e alcuni generi potenzialmente tossici (*Pseudo-nitzschia*, *Alexandrium*, *Karenia*, *Prorocentrum*) sono presenti in quantità non oltre l'ordine di grandezza di 10^3 cell/l.

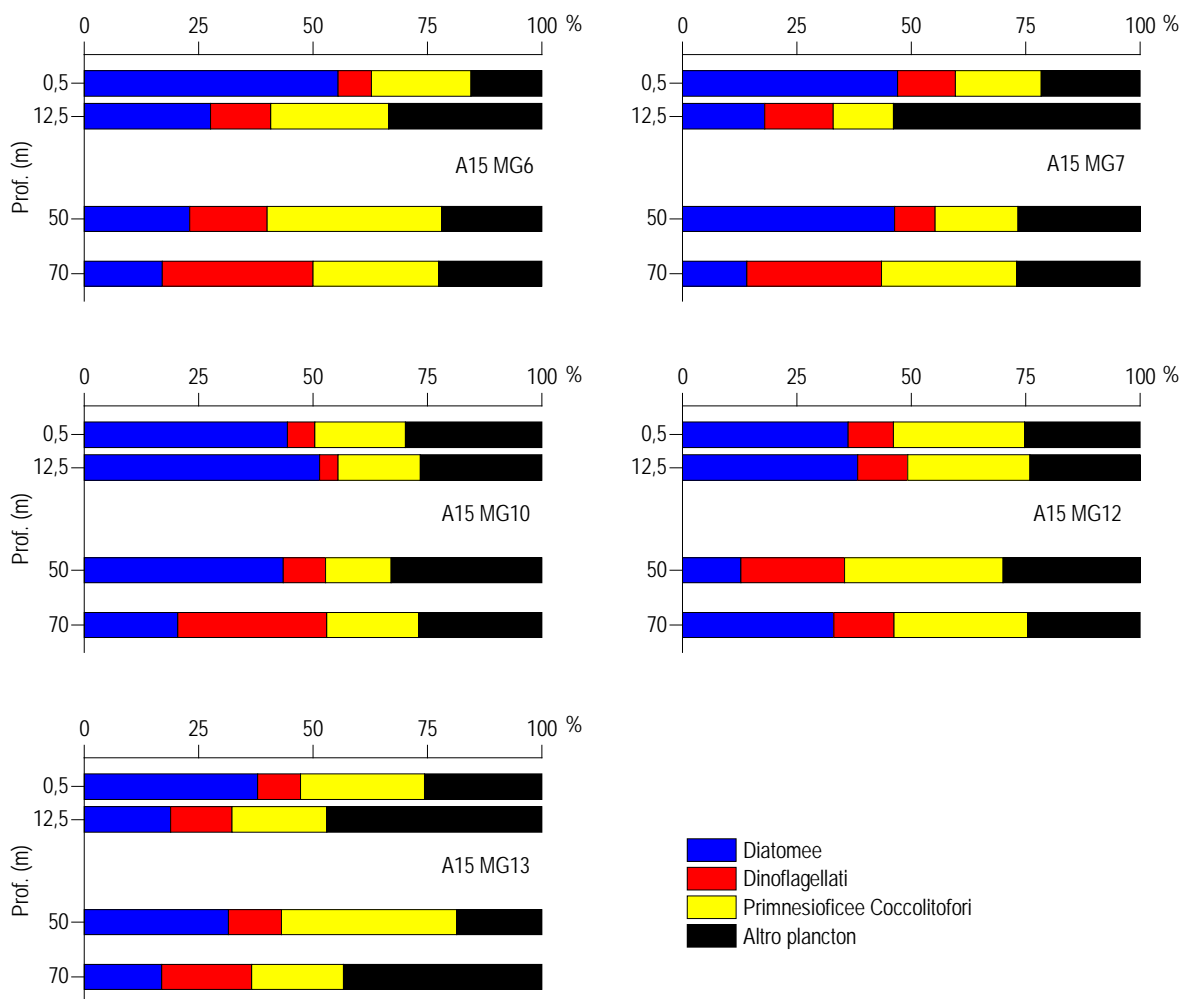


Figura 22 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

Tabella 26 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	46	11	5
Dinoflagellati	48	8	4
Pymmnesiophyceae coccolitofori	23	2	2
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	6		
Prasinophyceae	1	2	
Pymmnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	4	1	
Totale	129	25	12

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici.

Tabella 27 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEE		
<i>Amphora</i> spp.	<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Dactyliosolen blavyanae</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran 1900	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch 1860
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pleurosigma</i> spp.
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Diploneis didyma</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (Takano) Takano 1995
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1905
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	
DINOFAGELLATI		
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Heterocapsa</i> $< 10 \mu\text{m}$ = <i>Heterocapsa</i> spp.	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Alexandrium</i> spp.	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> cf. <i>flagellans</i> Schiller	<i>Heterocapsa pygmaea</i> Lobelich III, Schmidt & Sherley 1981	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Amphidoma caudata</i> = <i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Choméral 2012	<i>Karenia</i> spp.	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
<i>Ceratoperidinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas 2013	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum vaginula</i> (Stein) Dodge 1975
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Mesoporus adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid 1907
<i>Dicrorisema psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>globulus</i> (Stein) Balech 1974
Dinoflagellati tecati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974
Dinoflagellati tecati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883	<i>Neoceratium tripos</i> (Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium</i> spp.
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum diploconus</i> Stein	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Gymnodinium voukii</i> Schiller 1928	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	<i>Scrippsiella</i> spp.
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Parahistioneis mediterranea</i> Schiller 1928	<i>Tripos limulus</i> (Pouchet) Gomez 2013
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosolina</i> Lohmann 1903	Coccolitofori $\leq 15 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913
<i>Acanthoica</i> sp.	<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Periphylophora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937
<i>Algiroisphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	<i>Michaelsarsia adriaticus</i> (Schiller) Manton, Bremer & Oates 1984	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Michaelsarsia elegans</i> Gran 1912	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolonga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) Campbell 1973	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vors 1992
PRASINOPHYCEAE		
<i>Pseudoscofieldia marina</i> (Thronsdén) Manton 1975	<i>Pyramimonas</i> spp.	<i>Tetraselmis</i> sp.
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.		
ALTRO		
Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Commation cryporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Mesodinium rubrum</i> Lohmann 1908	<i>Telonema</i> sp.

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitorplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni A15 MG6, A15 MG7, A15 MG10, A15 MG12 e A15 MG13.

Sono stati individuati 173 taxa, di cui 156 identificati a livello di specie, 12 taxa a livello di genere e 5 categorie soprageneriche (Tabella 28). Considerando il numero di taxa per ogni classe nell'insieme di tutte le stazioni, 74 appartengono alle diatomee, 81 ai dinoflagellati, 10 ai coccolitofori, mentre per la componente "Altro plancton" sono stati identificati 3 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 1 taxon alle Chrysophyceae, 2 taxa alle Euglenoideae, 1 taxon appartenente alla classe Chlorophyceae (Tabella 28). La numerosità dei taxa individuati in ogni stazione va da 85 nella stazione A15 MG12 a 121 in A15 MG10. In A15 MG10 inoltre è stato osservato un numero maggiore di individui appartenenti alle specie di diatomee rispetto alle stazioni campionate nel periodo precedente alla perturbazione, imputabile ad un cambiamento nella struttura tassonomica della comunità fitoplanctonica in seguito al maggiore rimescolamento avvenuto nello strato tra 0,5 e 50 m. La lista delle specie è riportata in Tabella 29.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	64	8	2
Dinoflagellati	76	3	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	10		
Dictyochophyceae	3		
Chrysophyceae	1		
Euglenoideae		1	1
Chlorophyceae	1		
Altro	1		
Totale	156	12	5

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici

Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A15 MG6, A15 MG7, A15 MG10, A15 MG12 e A15 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13	
DIATOMEE												
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	<i>Entomoneis</i> spp.				x	x	x
<i>Asteromphalus fiabellatus</i> Ehrenberg 1844	x	x	x	x	x	<i>Grammatophora</i> spp.		x	x			x
<i>Asteromphalus parvulus</i> Karsten 1905	x			x	x	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996		x	x	x	x	x
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844		x	x	x	x	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974		x	x			
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	x	x	x	x	x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x		x	x
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854		x				<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865		x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864		x				<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860		x		x		
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i> (Castracane) Ikar	x			x		<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeny 1937	x	x	x	x	x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x		x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	x	x	x		x	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839					x	
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	x	x				<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861		x				
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>derasa</i> (Grunow) Cleve 1883			x		x	
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911	x		x	x	x	<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997					x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861				x		
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913			x			<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt		x		x		
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	x		x	x	x	<i>Nitzschia</i> spp.			x	x		
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873					x	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884				x		
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	x	x				<i>Plagiotropis</i> spp.		x		x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma directum</i> Grunow 1880		x				
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864	x	x	x			<i>Pleurosigma</i> spp.		x		x		x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	x	x	x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (Takano) Takano 1995		x				
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901		x				<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros</i> spp.		x				<i>Rhizosolenia acuminata</i> (Peragallo) Peragallo 1907			x			
<i>Chaetoceros tetrastrichon</i> Cleve 1897			x			<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856				x		
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900			x	x	x	<i>Rhizosolenia formosa</i> Peragallo				x	x	
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x	x		x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros williei</i> Gran 1897	x		x	x	x	<i>Suriella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843				x		
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Tabularia gallionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995		x		x		
<i>Dactyliosolen blavyanus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x	x		x	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955						x
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996		x				<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986		x	x	x	x	x
Diatomee centriche n.i.			x			<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902		x	x	x	x	x
Diatomee pennate n.i.	x	x	x			<i>Thalassiosira</i> spp.		x	x	x	x	x
<i>Diploneis</i> spp.	x	x	x	x	x							
DINOFLAGELLATI												
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844		x	x		x	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x	x

Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A15 MG6, A15 MG7, A15 MG10, A15 MG12 e A15 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)					
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916			x	<i>Neoceratium ranipes</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010	x
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900	x	x		<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x x
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat		x	x	<i>Neoceratium tripos</i> (Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010	x x x
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>buceros</i> (Zacharias) Sournia 1966	x		x	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	x x x
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910			x	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885	x x x
<i>Ceratocorys gourreti</i> Paulsen 1931		x		<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937	x
<i>Citharistes regius</i> Stein 1883			x	<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	x x x x
<i>Cochlodinium</i> sp.	x	x		<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916	x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	x	x	x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x x x x x
Dinoflagellati tecati n.i.	x	x	x	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x x x x x
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann 1859			x	<i>Oxytoxum punctulatum</i> Rampi	x x
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923			x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x x x x x
<i>Dinophysis infundibula</i> Schiller 1928	x	x	x	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	x
<i>Diplopsalis</i> spp.	x	x	x	<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi	x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899		x	x	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	x x x x
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoid 1911			x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x x x x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883			x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x x x x x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	x			<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883	x
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866		x	x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883	x x x x
Gymnodiniaceae n.i.	x	x	x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912	x x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	<i>Prorocentrum acutum</i> (Lohmann) Schiller 1933	x x x
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	x	x	x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x x
<i>Heterocapsa</i> spp.	x	x	x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x x x
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928	x			<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975	x
<i>Histioneis detonii</i> Rampi 1947			x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883	x
<i>Histioneis karsteinii</i> Kofoid & Michener 1911			x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x x x
<i>Histioneis robusta</i> Rampi 1969		x		<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x x x
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933			x	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918	x x x
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	x	x	x	<i>Protoceratium</i> cf. <i>areolatum</i> Kofoid 1907	x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854	x x
<i>Nematodinium torpedo</i> Kofoid & Swezy 1921	x			<i>Protoperidinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974	x x
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011	x		x	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x x
<i>Neoceratium contortum</i> (Gourret) Gomez, Moreira & Lopez-Garcia 2010		x		<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974	x x
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974	x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881	x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x x x
<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010			x	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974	x
<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010			x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x
<i>Neoceratium minutum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010			x		
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI					
<i>Acanthoica quattrosprosa</i> Lohmann 1903			x	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	x x x x
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	x	x	x	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x x x x
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902	x x x x
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x x x x
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902		x	x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	x x x x
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	x		x	<i>Sphaerocalypta quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	x	x	x	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x	x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x x x x
<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Klejne 1992		x		<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970	x x x x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	x		x	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937	x
DICTYOCOPHYCEAE					
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946	x x
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839			x		
CHRYSOPHYCEAE					
<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	x	x	x		
EUGLENOIDEA					
<i>Euglena</i> sp.		x		<i>Euglenoidea</i> n.i.	x
CHLOROPHYCEAE					
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda 1839		x			
ALTRO					
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	x	x	x		

3.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

L'analisi della comunità oloplanctonica investigata nella stagione autunnale (A15), evidenzia la dominanza della frazione a Copepodi planctonici, così come riscontrato in tutte le campagne fin qui analizzate e largamente descritto nelle bibliografia scientifica riguardante il Mar Mediterraneo Occidentale. I dati raccolti evidenziano come, per un'esaustiva caratterizzazione e analisi della comunità oloplanctonica, l'analisi quali-quantitativa della componente a Copepodi sia determinante nella valutazione dei popolamenti zooplanctonici. Così come ottenuto nel precedente autunno (A15), l'elaborazione dei dati quali-quantitativi espressi in individui per m⁻³ relativi alla distribuzione verticale dei Copepodi, evidenzia una maggiore concentrazione nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e 50 m. Il dato medio relativo ai campioni raccolti nella porzione intermedia della colonna è di 401,84 individui per m⁻³; si registra valore massimo di 504,99 ind/m³ nella stazione A15 MG7 e valore minimo di 132,66 ind/m³ nella stazione A15 MG12; è importante altresì rilevare che tutte le altre stazioni investigate superano la concentrazione di 400 ind/m³. Prendendo in considerazione la porzione più profonda della colonna d'acqua (tra - 50 e -100 m) i Copepodi decrescono; in media 174,77 individui per m⁻³ (352,56 ind./m³ A15 MG12 valore max. vs 60,52 A15 MG7 valore min.). I valori più bassi di presenza emergono dall'analisi delle pesche orizzontali superficiali con 145,69 individui per m⁻³ (166,23 ind./m³ A15 MG10 ÷ 101,64 A15 MG6). Confrontando tra loro i dati relativi alla distribuzione verticale possono essere fatte alcune osservazioni i) la distribuzione dei Copepodi, omogenea tra le stazioni in superficie, aumenta in variabilità spostandosi verso gli strati più profondi, ii) tutte le stazioni, fatta eccezione per MG12, evidenziano la medesima distribuzione verticale generale, iii) esclusivamente nella stazione MG12 i Copepodi sono concentrati prevalentemente nella porzione prossima al fondo della colonna d'acqua.

I *taxa* di copepodi identificati sono in tutto 98 (Tabella 30) in rappresentanza di 25 famiglie.

Per quanto riguarda l'analisi quantitativa, la famiglia dominante all'interno della colonna d'acqua è quella dei calanoidi clausocalanidi (rappresentata da 9 *taxa*). La famiglia Clausocalanidae infatti rappresenta in media rispettivamente il 52,66% del comparto superficiale a Copepodi, il 34,53 % nella porzione 0 – 50 m di profondità e il 40,73% nello strato più profondo 50 - 100 m.

Tra i clausocalanidi le specie dominanti si confermano, come nel precedente survey, *Clausocalanus furcatus*, *Clausocalanus paululus* e *Clausocalanus pergens*. *C. paululus* è la specie più abbondante, con distribuzione omogenea lungo la verticale della colonna d'acqua (44,89 ind/m³ 0 – 5 m; 51,86 ind/m³ 0 – 50 m; 30,53 ind/m³ 50 – 100 m). Simile distribuzione, ma con valori di abbondanza inferiori, è stata osservata per *C. pergens* (12,91 ind/m³ 0 – 5 m; 14,12 ind/m³ 0 – 50 m; 12,75 ind/m³ 50 – 100 m), mentre *C. furcatus*, in accordo con quanto descritto in letteratura, è maggiormente concentrato nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e – 50 m (3,30 ind/m³ 0 – 5 m; 33,99 ind/m³ 0 – 50 m; 1,52 ind/m³ 50 – 100 m).

La famiglia Paracalanidae, rappresentata da 10 *taxa*, raggiunge nel survey autunnale valori di abbondanza considerevoli, in particolar modo nella porzione intermedia della colonna (28,92 ind/m³ 0 – 5 m; 47,04 ind/m³ 0 – 50 m; 21,41 ind/m³ 50 – 100 m); contribuiscono in particolar modo *Calocalanus pavo* (12,23 ind/m³ 0 – 5 m; 15,88 ind/m³ 0 – 50 m; 3,39 ind/m³ 50 – 100 m) e il congenerico *Calocalanus styliremis* (6,47 ind/m³ 0 – 5 m; 18,56 ind/m³ 0 – 50 m; 9,42 ind/m³ 50 – 100 m). Entrambe le specie sono descritte in bibliografia come principalmente epiplanctoniche, sia oceaniche, sia neritiche, maggiormente distribuite nei primi 200 m della colonna d'acqua.

Il centropagide *Centropages typicus* (0,41 ind/m³ 0 – 5 m; 5,74 ind/m³ 0 - 50 m; 0,34 ind/m³ 50 – 100 m) e il calanide *Nannocalanus minor* (2,86 ind/m³ 0 – 5 m; 4,17 ind/m³ 0 - 50 m; 1,54 ind/m³ 50 – 100 m), specie dominanti della comunità a Copepodi di piattaforma durante la stagione primaverale-estiva, sono presenti con pochi esemplari durante il periodo preso in esame nel presente *report*. Tale distribuzione è comunque in linea con quanto analizzato nel medesimo periodo del 2014. *Temora stylifera* (Temoridae), specie neritica presente tutto l'anno nelle acque del Mediterraneo Occidentale, raggiunge i massimi valori nella porzione 0 - 50 m, con valori eterogenei che variano da 27,63 ind/m³ (stazione A15 MG7) a 0,73 ind/m³ (stazione A15 MG12). Fra i Calanoidi appartenenti all'iponeuston la specie maggiormente rappresentata, se pur con valori di abbondanza sempre prossimi ad un solo individuo per m⁻³, è il Pontellidae *Pontella mediterranea*. La famiglia Candacidae, strettamente carnivora predatrice, è rappresentata da 4 *taxa* principalmente concentrati nella porzione più profonda della colonna, con abbondanze comunque sempre molto contenute.

L'ordine Cyclopoida è principalmente rappresentato dalla famiglia Oithonidae (8 *taxa*), anch'essa prevalentemente concentrata nello strato 0 – 50 m (13,22 ind/m³ 0 – 5 m; 106,06 ind/m³ 0 – 50 m; 32,74 ind/m³ 50 – 100 m). *Oithona setigera* (5,12 ind/m³ 0 – 5 m; 24,17 ind/m³ 0 - 50 m; 4,50 ind/m³ 50 – 100 m) e *Oithona plumifera* (3,75 ind/m³ 0 – 5 m; 20,19 ind/m³ 0 - 50 m; 6,89 ind/m³ 50 – 100 m), così come riscontrato nel precedente monitoraggio, sono fra le specie più abbondanti. *Oithona nana* (1,37 ind/m³ 0 – 5 m; 43,38 ind/m³ 0 - 50 m; 9,80 ind/m³ 50 – 100 m), è la specie che contribuisce in maggior misura, durante la stagione autunnale, all'abbondanza della famiglia. La specie è descritta come copepode tipico di acque sia aperte, sia neritiche, in grado di adattarsi anche a considerevoli variazioni della salinità.

La famiglia dei Corycaeidae è la più diversificata comprendendo 10 *taxa*, segue quella dei Sapphirinidae 9 *taxa* e quella degli Oncaeidae con 6 *taxa*. I Corycaeidae più abbondanti in superficie sono: *Corycaeus brehmi*, *Corycaeus giesbrechti* e *Farranula rostrata*, mentre *Corycaeus furcifer* conferma una distribuzione preferenziale profonda. Gli Oncaeidae, evidenziano una distribuzione omogenea lungo la colonna, escludendo lo strato prossimo alla superficie (3,94 ind/m³ 0 – 5 m; 12,56 ind/m³ 0 – 50 m; 12,10 ind/m³ 50 – 100 m) mentre i Corycaeidae sono maggiormente distribuiti nello strato 0 – 50 m (4,61 ind/m³ 0 – 5 m; 10,89 ind/m³ 0 – 50 m; 5,43 ind/m³ 50 – 100 m). Da segnalare infine il campionamento di tre specie del genere Haloptilus (Augaptilidae): *Haloptilus longicornis*, *Haloptilus mucronatus* e *Haloptilus oxycephalus*, prevalentemente concentrati nella porzione prossima al fondale. Si tratta di specie considerate di profondità coinvolte nelle migrazioni nictermerali. Per *H. mucronatus*, così come per il Sapphirinidae *Vetтория granulosa*, si tratta del primo rinvenimento nelle acque interessate dalla presenza del rigassificatore OLT FSRU Toscana dall'inizio delle attività di monitoraggio. Fra gli Harpacticoida il più abbondante è *Euterpina acutifrons*, specie epipelagica, neritica (max 13,36 ind/m³ 0 – 50 m).

Tabella 30 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Paraeuchaeta sarsi</i>	*			<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
<i>Acartia clausi</i>	*	*		Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*
<i>Acartia danae</i>	*	*		<i>Heterorhabdus papilliger</i>	*	*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	Famiglia Lucicutiidae				Famiglia Oithonidae			
<i>Acartia sp</i>	*	*	*	<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
Famiglia Aetideidae				<i>Lucicutia gemina</i>		*		<i>Oithona longispina</i>	*	*	*
<i>Euchirella rostrata</i>	*	*		Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona nana</i>	*	*	*
Famiglia Augaptilidae				<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Haloptilus longicornis</i>	*	*	*	Famiglia Metridinidae				<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Haloptilus mucronatus</i>		*	*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Haloptilus oxycephalus</i>		*		<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	Famiglia Oncaecidae			
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>	*			<i>Oncaea media</i>		*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oncaea scotodicarloi</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*	*		<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea spp</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Triconia conifera</i>	*	*	*
<i>Candacia juv</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*		Famiglia Sapphirinidae			
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Copilia quadrata</i>	*	*	*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Sapphirina bicuspitata</i>	*		
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Sapphirina gemma</i>	*	*	
<i>Centropages violaceus</i>	*	*		<i>Labidocera brunescens</i>	*			<i>Sapphirina iris</i>	*	*	
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*			<i>Sapphirina metallina</i>	*	**	
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*			<i>Sapphirina sali</i>	*		
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Sapphirina juv</i>	*		
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella abyssalis</i>		*	*	<i>Sapphirina sp</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>	*	*	*	<i>VetTORIA granulosa</i>			*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scaphocalanus invalidus</i>		*	*	Famiglia Clytemnestridae			
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	Famiglia Corycaecidae				Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Microsetella norvegica</i>	*		
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	*	<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*		<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	Famiglia Miracidae			
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus furcifer</i>	*	*	*	<i>Distiocus minor</i>	*		
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*	Famiglia Uterpinidae			
<i>Euchaeta sp</i>	**	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Paraeuchaeta hebes</i>	*	*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*	<i>Monstrilloida sp</i>		*	

Nella tabella seguente (Tabella 31) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica. Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra peschate orizzontali e verticali, possono essere generalmente ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle peschate orizzontali.

Tabella 31 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml).					
OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri;					
100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.					
(ml)	A15 MG6	A15 MG7	A15 MG10	A15 MG12	A15 MG13
OR	11,5	31	36	33,5	43
50-0	9	4,5	8	1	4,5
100-50	3,5	0,8	1	9,5	0,9

Meroplancton

Il meroplancton è rappresentato dalle fasi larvali dei principali gruppi sistematici di animali bentonici.

Nella campagna autunnale A15, (Tabella 32), sono stati determinati complessivamente 35 *taxa* meroplanctonici.

Il 65,7% (23 *taxa*) è rappresentato dai crostacei decapodi, qualitativamente dominanti il campione meroplanctonico. Il contingente a decapodi esprime la stessa percentuale di dominanza della campagna precedente, sebbene con un numero di *taxa* complessivamente inferiori 35 vs 42 dell'E15. Il secondo gruppo più rappresentato sono gli echinodermi con 7 *taxa* (20%).

Le larve di decapodi tendono a concentrarsi prevalentemente nelle stazioni superficiali; il 95,6% è stato infatti raccolto durante i retinaggi orizzontali. Solo il brachiuro *Atelecyclus rotundatus* compare esclusivamente nei campioni verticali condotti dal fondo a – 50 m e da – 50 m alla superficie. 4 larve di decapodi sono state identificate esclusivamente durante l'osservazione *in toto* del campione: si tratta del già citato *Atelecyclus rotundatus*, *Galathea intermedia*, *Lysmata seticaudata* e del genere *Maja* sp.

Il carideo *Philocheras sculptus*, raccolto nella stazione A15 MG7, compare per la prima volta nella *checklist* delle larve di crostacei decapodi raccolti nei pressi dell'FSRU.

La stazione A15 MG10 raccoglie

il maggior numero di *taxa* (19) è stato raccolto in A15 MG10, quello minore (14) in A15 MG6.

Goneplax rhomboides è la specie dominante della campagna A15 e rappresenta il 22,3% dell'abbondanza totale della stagione autunnale. Nelle stazioni superficiali un esemplare su quattro appartiene a questa specie. Le altre specie dominanti sono in ordine: *Parapaeneus longirostris* (15,2% della dominanza quantitativa), *Processa edulis edulis* (12,6%), *Alpheus glaber* (7,1%) ed *Ebalia tuberosa*, la quale però concentra tutti gli individui (7,1%) nella stazione A15 MG13.

Nelle stazioni intermedie, nelle quali il numero d'individui campionati è oltre cinque volte inferiore rispetto alle stazioni superficiali (29 vs 167), la specie largamente dominante è *Processa edulis edulis* (dominanza quantitativa pari al 27,5%).

L'altro gruppo meroplanctonico maggiormente presente nel campione autunnale è quello degli echinodermi che complessivamente raccolgono 7 *taxa*, tra i quali le larve degli echinoidi irregolari *Brissopsis lyrifera* e *Spatangus purpureus* con l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis* sono presenti in tutti i campioni, sia orizzontali, sia verticali. Tutti i *taxa* di echinodermi raccolti nella stagione autunnale tendono a concentrarsi in superficie e nelle stazioni verticali da – 50 a 0 m. L'80% del campione infatti è stato raccolto durante le peschate orizzontali, il 18,3% in quelle condotte da – 50 m alla superficie e solo l'1,7% era presente nelle stazioni più profonde. Due le specie dominanti: l'echinoide irregolare *Brissopsis lyrifera* (39,4% della dominanza quantitativa) prevalentemente concentrato in superficie (38,3% del totale degli esemplari raccolti) e l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis* (45,2% della dominanza quantitativa), anch'esso largamente presente nei retinaggi orizzontali, nei quali assomma circa il 48% del campione totale. *O. fragilis* e *B. lyrifera* sono le specie più abbondanti anche nelle stazioni intermedie e profonde. In questo caso la dominanza della prima specie è rispettivamente del 32,2% nella fascia intermedia e del 56,5% in quella profonda, quella della seconda è 44% e 39,1%. La stazione con il maggior numero di Echinodermi campionati è A15 MG10 (26,3% del totale).

Tabella 32 – Meroplancton. O.le=orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
MOLLUSCA				<i>Galathea intermedia</i>	**	**		ECHINODERMATA			
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*		**	<i>Arbacia lixula</i>	*		
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Herbstia conciliata</i>	*			<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
POLYCHAETA				<i>Liocarcinus</i> sp	*	**	**	<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	*			<i>Lysmata seticaudata</i>	**			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Spionidae ind	*	*	*	<i>Maja</i> sp	**			<i>Ophiactis balli</i>	*	*	
Trocofora ind	*	*	*	<i>Pagurus cuanensis</i>	*		**	<i>Spatangus purpureus</i>	*	*	*
CRUSTACEA				<i>Parapaeneus longirostris</i>	*	*	**	<i>Sphaerechinus granularis</i>	*	*	
Decapoda				<i>Parthenopoides massena</i>	*	**					
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	**	<i>Philocheras sculptus</i>	*						
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	**	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*					
<i>Athanas nitescens</i>	*			<i>Plesionika</i> sp	*						
<i>Atelecyclus rotundatus</i>		**	**	<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	**				
<i>Ebalia tuberosa</i>	*	**		<i>Processa nouveli nouveli</i>	*						
<i>Ebalia tumefacta</i>	*		*	<i>Processa</i> sp	*	*					
<i>Ethusa mascarone</i>	*			<i>Solenocera membranacea</i>	*	**					

Ittioplancton

Il campione costituito dalle fasi larvali dell'ittiofauna ha raccolto nella stagione A15 9 *taxa*, (Tabella 33) tutti presenti nelle peschate orizzontali. Solo alcune larve, delle quali per le ridotte dimensioni degli individui non è stato possibile giungere all'identificazione, sono presenti anche nella fascia intermedia compresa tra – 50 m e la superficie. 5 *taxa* sono stati identificati solo dopo l'osservazione *in toto* dei campioni.

L'esiguo stock ittico qualitativo è confermato a livello quantitativo dal numero d'individui; la specie dominante è il Clupeidae *Sardina pilchardus* (sardina) che quindi, come largamente indicato in letteratura, alterna i periodi riproduttivi con l'Engraulidae *Engraulis encrasicolus* (acciuga).

Due le specie larvali riconducibili a pesci abissali rinvenute nel campione. Si tratta del Myctophidae *Myctophum punctatum* e del Gonostomatidae *Cyclothone braueri*. Entrambe sono già state campionate nell'area in esame e confermano le teorie secondo le quali le fasi larvali e i primi stadi giovanili di questi pesci ossei possano, non infrequentemente, far parte della biomassa planctonica superficiale. Di

un'altra specie abissale, lo Sternoptychidae *Maurolicus muelleri* sono state rinvenute solo le caratteristiche e inconfondibili uova nella fascia superficiale.

Tabella 33 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
BOTHIDAE				MULLIDAE				TRICHIURIDAE			
<i>Bothus podas</i>	**			<i>Mullus surmuletus</i>	**			<i>Lepidopus caudatus</i>	**		
CLUPEIDAE				MYCTOPHIDAE				Larvae ind	*	*	
<i>Sardina pilchardus</i>	*			<i>Myctophum punctatum</i>	*			Uova <i>Maurolicus muelleri</i>	**		
GONOSTOMATIDAE				SPARIDAE				Uova ind	*	*	*
<i>Cyclothone braueri</i>	**			<i>Diplodus</i> sp	**						
<i>Gonostoma denudatum</i>	*			<i>Sparidae</i> ind	**						

3.2 BIOTA

3.2.1 Macrozoobenthos

Nel survey condotto nell'autunno 2015 sono stati raccolti e determinati 4689 individui appartenenti a 192 specie (Tabella 34) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, picnogonidi, nemertini.

Tabella 34 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno 2015 (A15).

Crostacei		
<i>Achaeus cranchii</i> Leach, 1817	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Munida intermedia</i> A. Milne Edwards & Bouvier, 1899
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Nebalia strausi</i> Risso, 1826
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Halice abyssii</i> Boeck, 1871	<i>Othomaera schmidtii</i> (Stephensen, 1915)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)	<i>Harpinia agna</i> G. Karaman, 1987	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Perioculodes aequimanus</i> (Kossmann, 1880)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Perioculodes longimanus</i> longimanus (Bate & Westwood, 1868)
<i>Callinassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Calocaris macandreae</i> Bell, 1846	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Carangolopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Leptocheirus mariae</i> G. Karaman, 1973	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Processa</i> sp
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Leucon</i> cfr <i>siphonatus</i>	<i>Pseudotanaïs</i> sp
<i>Deflexilodes griseus</i> (Della Valle, 1893)	<i>Leucon longirostris</i> Sars, 1871	<i>Scalpellum scalpellum</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Stenothoe</i> sp Dana, 1852
<i>Diastylis cornuta</i> (Boeck, 1864)	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Synchelidium haplocheles</i> (Grube, 1864)
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Tmetonyx similis</i> (G.O. Sars, 1891)
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzellius, 1859)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Medicorophium runcicorne</i> (Della Valle, 1893)	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Eurydice affinis</i> Hansen, 1905	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857	<i>Upogebia typica</i> (Nardo, 1869)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890		<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
Echinodermi		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Thyone fusus</i> (O.F. Müller, 1788)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzellius, 1805)	<i>Trachythone tergestina</i> (Sars, 1857)
<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Ophiura grubei</i> Heller, 1863	
Molluschi		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Glans trapezia</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hydrobia</i> sp	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Calyptrea chinensis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lembulus pellus</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Plagiocardium papillosum</i> (Poli, 1795)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Melanella polita</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Eulima bilineata</i> Alder, 1848	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Eumida sanguinea</i> (Ørsted, 1843)	<i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Montacuta ferruginosa</i> (Montagu, 1808)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Flexopecten flexuosus</i> (Poli, 1795)	<i>Myrtea spinifera</i> Conraine, 1835	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)

Tabella 34 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno 2015 (A15).

Policheti		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Pholoe minuta</i> (Fabricius, 1780)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	Hesionidae	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Hesionura elongata</i> (Southern, 1914)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard, Ramos, 1972	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus serpens</i> Allen, 1904
<i>Apomatus similis</i> Marion & Bobretzky, 1875	<i>Hydroides elegans</i> (Haswell, 1883)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Branchiomma bombyx</i> (Dalyell, 1853)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Polygordius</i> sp. Schneider, 1868
<i>Branchiomma</i> sp	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio</i> sp Malmgren, 1867
<i>Chone</i> sp	<i>Levinsenia oculata</i> (Hartman, 1957)	<i>Pseudomystides limbata</i> (Saint-Joseph, 1888)
<i>Dialychone</i> sp	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Pseudopolydora</i> sp Czerniavsky, 1881
<i>Dialychone dunerificta</i> T. Hernandez, Licciano, Giangrande, 2007	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Scoletoma emandibulata mabiti</i> (Ramos, 1976)
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wren, 1883	<i>Scoletoma impatiens</i> (Claparède, 1868)
<i>Eteone foliosa</i> Quatrefages, 1865	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scoloplos armiger</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Eteone</i> sp	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Sphaerodorum flavum</i> Örsted, 1845
<i>Euchone</i> sp	<i>Mystides</i> sp	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Nephtys hystericis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Spio filicornis</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nothria conchylega</i> (M. Sars, 1835)	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Glycera rouxii</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Glycera</i> sp	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvantisidis & Koukouras, 1997	<i>Syllis garciai</i> Campoy, 1982
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje, 1841	<i>Syllis parapari</i> San Martín & López, 2000
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis</i> sp Savigny, 1818
<i>Goniada maculata</i> Oersted, 1844	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	Paraonidae ind	
Sipunculidi		
<i>Aspidosiphon muelleri</i> Diesing, 1851	<i>Golfingia</i> sp	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Nephasoma</i> sp	<i>Phascalion strombus</i> (Montagu, 1804)
Picnogonidi		
<i>Nymphon gracile</i> Leach, 1814		
Nemertea		

I policheti risultano essere il gruppo dominante che con 3904 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. I crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 9% dell'abbondanza totale (432 individui). Seguono, nell'ordine, molluschi e echinodermi, i primi con 5%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (Figura 23).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista i policheti si confermano il taxon dominante fornendo da soli quasi la metà delle specie rinvenute (44%). Circa un terzo del panorama faunistico è fornito dai crostacei (31%) seguiti dai molluschi che rappresentano il 17% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 4% di specie al panorama faunistico.

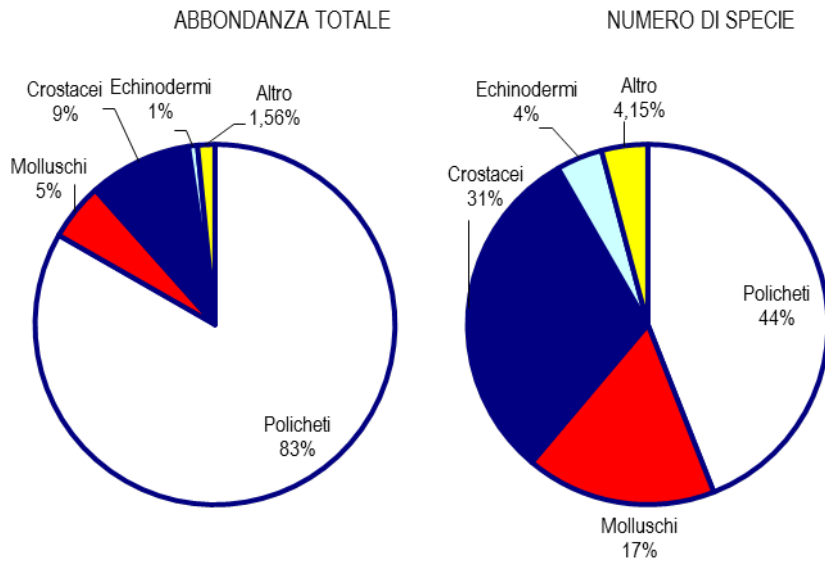


Figura 23 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, sipunculidi, picnogonidi.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopae* che costituiscono, rispettivamente il 26% e il 21% dell'abbondanza totale (Figura 24).

Ad essa seguono *Ampharete acutifrons* e *Aphelochaeta marioni* che rappresentano circa il 7% dell'abbondanza totale.

Il contributo delle altre specie cala sensibilmente tanto che *Prionospio elehersi*, la quarta in ordine di importanza, costituisce meno del 3% dell'abbondanza totale.

Queste quattro specie rappresentano da sole circa il 64% dell'abbondanza totale. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di Bianco, dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 184 specie (ossia 95,3 % del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 33% circa delle specie è presente con un solo individuo.

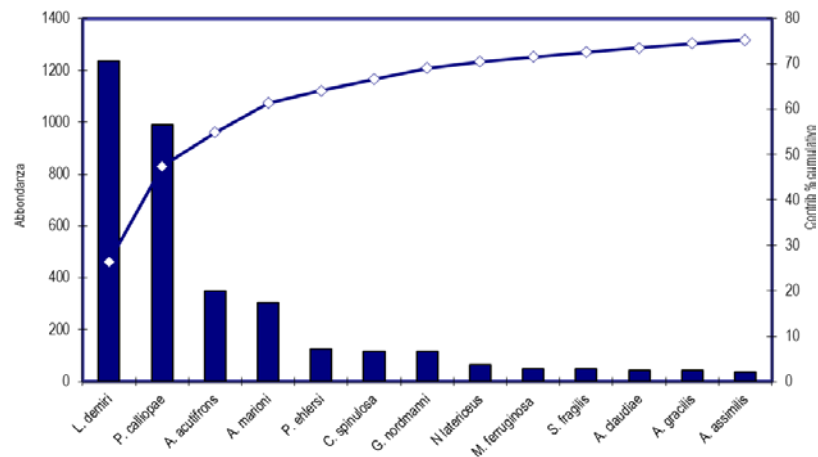


Figura 24 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Tale distribuzione delle abbondanze si riflette in una elevata variabilità a piccola scala come si evince dai modesti valori di similarità tra repliche, valori che variano mediamente tra 50% e 67%. Il valore minimo è stato riscontrato in A15 MG9 (49,98%), quello massimo in A15 MG 4 (67%). Non si individuano trend relazionabili alla presenza dell'FSRU.

Dalla medesima analisi si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopae* sono le specie con il maggior contributo alla similarità tra repliche. Sia il contributo individuale sia quello cumulativi risultano piuttosto variabili da stazione a stazione. Quello complessivo, ad esempio, varia tra il 50% e il 70%.

Levinsenia demiri e *Paradiopatra calliopae* essendo diffuse hanno scarsa rilevanza nel determinare le differenze tra stazioni. Esse, nella maggior parte dei casi, apportano un contributo tra il 10 e il 15%.

L'analisi della dissimilarità mostra inoltre che la dissimilarità tra stazioni oscilla tra il 40% e il 50%. Al di fuori di questo range si colloca prevalentemente la stagione A15 MG11 che rispetto alle stazioni A15 MG14, A15 MG9, A15 MG2, A15 MG13 esibisce una dissimilarità crescente da 56,03% a 62,94%. Queste differenze sono dovute essenzialmente a *Levinsenia demiri*, *Nothria conchylega* e *Ampharete acutifrons* che in questa stazione mostrano picchi di abbondanza.

Nel piano di ordinamento (Figura 25) ottenuto tramite non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) le stazioni risultano disperse senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale. Questo dato è in accordo con i valori di (dis)similarità tra tra repliche e tra stazioni: le differenze tra stazioni sono paragonabili a quelle tra repliche ad indicare che la variabilità spaziale a piccola scala (repliche) è confrontabile a quella a media scala (stazioni).

L'analisi macroscopica dei campioni conferma che l'area di indagine ospita sedimenti che possono variare sia da stazione a stazione sia da replica a replica della medesima stazione.

Il residuo presente è costituito generalmente da fibra vegetale, biodetrito e sabbia minerale, presenti però in percentuali molto variabili. Il detrito vegetale di origine terrigena risulta in molti casi abbondante e addirittura prevalente nelle stazioni A15 MG1, A15 MG4, A15 MG6, A15 MG10, A15 MG13, A15 MG14. In alcuni casi, però, esibisce una percentuale molto variabile da replica come nel caso della stazione A15 MG11 dove varia dal 30% al 70%. Differenze tra repliche altrettanto marcate sono state osservate in A15 MG7, dove la fibra vegetale varia tra il 10% e il 50%. La replica III di questa stazione rappresenta l'unico caso in cui la ghiaia costituisce quasi l'intero campione (80%).

Elevata variabilità tra repliche è stata osservata anche nella stazione A15 MG9 in cui 2 repliche sono costituite per la metà da fibra vegetale e per la restante parte da sabbia e biodetrito. Nelle altre due repliche il biodetrito conchifero rappresenta la metà del campione e la fibra vegetale ne costituisce solo il 20%. La restante parte è rappresentata da sabbia.

Anche dall'analisi macroscopica, pertanto, le differenze tra stazioni sono paragonabili a quelle tra repliche, fatto che impedisce di identificare dei veri cluster riconducibili alla reale distribuzione spaziale delle stazioni stesse.

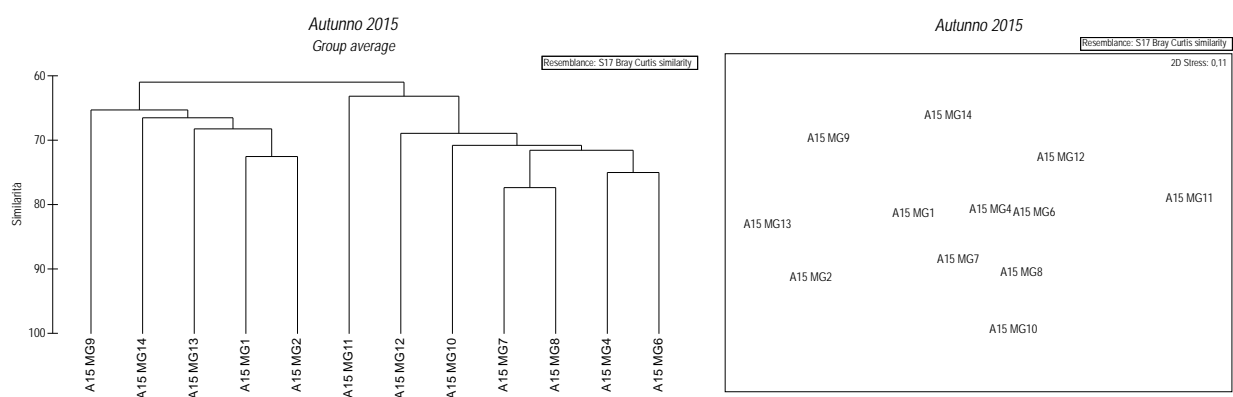


Figura 25 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Nella Tabella 35 sono riportati i valori degli indici strutturali. Anche dal punto di vista strutturale non si individuano pattern relazionabili alla presenza del rigassificatore. La stazione con il più elevato livello strutturale è risultata A15 MG11 situata a 330 metri di distanza dall'FSRU. In questo caso si registra il maggior numero di specie e valori di abbondanza più elevati rispetto alle altre stazioni dei policheti *A. acutifrons* e *N. conchylega*.

Tabella 35 – Indici strutturali (+DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shanno-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).										
Sample	S		N		H'(log ₂)		d		J	
A15 MG1	28,5	+ 5,7	115,5	+ 35,3	3,503	+ 0,274	5,800	+ 0,835	0,728	+ 0,021
A15 MG2	29,0	+ 2,9	91,5	+ 24,9	3,804	+ 0,252	6,228	+ 0,332	0,783	+ 0,032
A15 MG4	32,0	+ 4,2	106,5	+ 26,6	3,843	+ 0,392	6,676	+ 0,909	0,769	+ 0,057
A15 MG6	19,5	+ 2,4	55,8	+ 6,1	3,412	+ 0,095	4,601	+ 0,524	0,798	+ 0,025
A15 MG7	22,5	+ 1,9	91,3	+ 11,6	3,344	+ 0,226	4,765	+ 0,313	0,745	+ 0,046
A15 MG8	29,3	+ 1,7	94,8	+ 16,9	3,766	+ 0,239	6,240	+ 0,596	0,773	+ 0,037
A15 MG9	39,5	+ 4,5	168,8	+ 39,4	3,731	+ 0,270	7,542	+ 0,806	0,704	+ 0,043
A15 MG10	21,0	+ 10,6	84,5	+ 62,5	2,976	+ 0,303	4,518	+ 1,692	0,703	+ 0,057
A15 MG11	25,8	+ 3,0	84,8	+ 7,9	3,564	+ 0,374	5,582	+ 0,694	0,760	+ 0,053
A15 MG12	21,5	+ 5,3	69,8	+ 19,7	3,509	+ 0,285	4,823	+ 0,942	0,798	+ 0,023
A15 MG13	24,3	+ 6,8	75,8	+ 25,3	3,751	+ 0,536	5,382	+ 1,370	0,821	+ 0,054
A15 MG14	37,0	+ 2,9	133,5	+ 40,8	4,108	+ 0,196	7,414	+ 0,405	0,790	+ 0,048

Per questi motivi si rileva anche il picco di abbondanza e di ricchezza specifica. La dominanza di questi due policheti determina il calo della equabilità che si riflette sulla diversità specifica.

Comportamento del tutto analogo è stato osservato in A15 MG10 situata a 2000 m dal rigassificatore.

All'estremo opposto ossia le stazioni meno strutturate risultano A15 MG13, A15 MG14, A15 MG12 situate, nell'ordine a 100m, 300 m, 1000 m dall'FSRU indicando, pertanto, che a quest'ultimo non può essere ricondotto il pattern osservato.

Fra le restanti stazioni le differenze sono molto modeste per lo più del tutto confrontabili con quelle osservate tra repliche.

3.2.2 Bioaccumulo

Metalli

Le variazioni di concentrazione osservate nei mitili dopo l'esposizione sono molto variabili da caso a caso.

Nel caso di rame e cromo è stata osservata una chiara riduzione di concentrazione sia nei siti posti sull'FSRU sia nel controllo Gorgona.

Nel caso del piombo e del manganese la riduzione è sensibilmente più elevata nelle stazioni presenti sul Terminale rispetto a Gorgona.

Per gli altri metalli (ad eccezione dello zinco che ha esibito variazioni estremamente modeste) è stato osservato un aumento di concentrazione che nella maggior parte dei casi, risultata paragonabile tra le stazioni A, C, D e il controllo E.

Le eccezioni da segnalare sono l'incremento di vanadio, arsenico e ferro nella stazione A (poppa nave), e dell'arsenico nella stazione C (Tabella 36). Si precisa che i mitili della stazione B (Pos. 2) sono andati persi a causa del mal tempo.

Tabella 36 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in mg/kg s.s. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo. Lr = Limite di Rilevabilità.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Arsenico	0,85	1,14		1,72	0,90	0,96
Bario	2,14	2,77		2,14	2,35	2,55
Cadmio	0,27	0,28		0,33	0,32	0,36
Rame	8,91	6,07		5,71	5,59	6,08
Cromo	5,17	3,40		2,99	2,74	3,44
Ferro	361,73	519,39		437,41	433,22	464,70
Nichel	< lr	1,30		< lr	1,36	1,89
Manganese	21,61	15,22		< lr	< lr	19,58
Piombo	0,93	0,63		0,61	0,68	0,87
Vanadio	1,90	2,49		2,01	2,07	1,93
Zinco	142,11	149,45		140,72	135,52	139,06
Mercurio	0,101	0,118		0,125	0,101	0,116

Idrocarburi totali

Gli idrocarburi C>10 sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo (Tabella 37). Gli idrocarburi C10-C40 sono stati rilevati ovunque con concentrazioni confrontabili tra mitili presenti sull'FSRU e mitili provenienti dalla stazione in Gorgona. Si precisa che i mitili della stazione B (Pos. 2) sono andati persi a causa del mal tempo.

Tabella 37 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in mg/kg. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (µg/kg)	< 500	< 500		< 500	< 500	< 500
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	32	18		16	31	24

IPA ed composti organo stannici

Dalla Tabella 38 si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da IPA e composti organo stannici. Solo l'acenaftilene è presente con concentrazioni maggiori del limite di rilevabilità nelle stazioni C, D e Gorgona. Si precisa che i mitili della stazione B (Pos. 2) sono andati persi a causa del mal tempo.

Tabella 38 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenaftene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaftilene	< 0,0005	< 0,001		0,001	0,0025	0,0021
Antracene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001

Tabella 38 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Benzo (a) pirene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Crisene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,e) pirene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) pirene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorantene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pirene	< 0,0005	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno (µg/kg)	2,7	< 5		< 5	< 5	< 5
Monobutilstagno (µg/kg)	6,7	< 5		< 5	< 5	< 5
Tributilstagno (µg/kg)	4,8	< 5		< 5	< 5	< 5

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 39**. Questi composti non sono stati rilevati in alcun campione di mitili presente sull'FSRU. Si precisa che i mitili della stazione B (Pos. 2) sono andati persi a causa del mal tempo.

Tabella 39 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in µg/kg. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	<2	<2		<2	<2	<2
Acido Dibromoacetico	<1	<1		<1	<1	<1
Acido Tribromoacetico	<10	<10		<10	<10	<10
Acido Monobromoacetico	<2	<2		<2	<2	<2
Acido Bromodichloroacetico	<2	<2		<2	<2	<2
Acido Bromocloroacetico	<2	<2		<2	<2	<2
Acido Dichloroacetico	<3	<3		<3	<3	<3
Acido Trichloroacetico	<1	<1		<1	<1	<1
Acido Monocloroacetico	<3	<3		3,5	<3	<3
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5		<5	<5	<5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	<5	<5		<5	<5	<5
2,4-dicloro fenolo	<5	<5		<5	<5	<5
4-cloro-3-metil fenolo	<5	<5		<5	<5	<5
pentacloro fenolo	<5	<5		<5	<5	<5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Tricloro Etano	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Bromo Dichloro Metano	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Bromoformio	6,87	<0,50		<0,50	<0,50	2,67
Carbonio Tetracloruro	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Cloroformio	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Dibromo Cloro Metano	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Tetracloro Etilene	0,80	<0,15		<0,15	<0,15	0,20
Tricloro Etilene	<0,25	<0,25		<0,25	<0,25	<0,25
1,2,3-Tricloro propano	<0,60	<0,60		<0,60	<0,60	<0,60
1,2-Dibromo Etano	<0,25	<0,25		<0,25	<0,25	<0,25
Dicloroacetoneitrile	<0,80	<0,80		<0,80	<0,80	<0,80
Tricloroacetoneitrile	<0,50	<0,50		<0,50	<0,50	<0,50

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica si rileva l'assenza di contaminazione fecale (Tabella 40). Si precisa che i mitili della stazione B (Pos. 2) sono andati persi a causa del mal tempo.

Tabella 40 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A15, sono espressi in ufc/g. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Coliformi fecali	< 10	< 10		< 10	< 10	< 10
Streptococchi fecali (enterococchi)	< 10	< 10		< 10	< 10	< 10
Coliformi totali	< 10	< 10		< 10	< 10	< 10

3.2.3 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT) - Dalla valutazione del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro all'interno dei lisosomi degli emociti di mitilo si evidenzia che il grado di integrità cellulare degli organismi posizionati lungo il terminale (stazioni A, C, D) è sostanzialmente simile a quello dei controlli (Stazione E Bianco Gorgona); pertanto non sono rilevabili alterazioni riferibili all'attività del terminale FRSU.

Sebbene non rilevante ai fini del monitoraggio, è da notare che i mitili analizzati subito dopo il prelievo dall'allevamento (Tempo zero) mostravano un livello di integrità cellulare più elevato di quello misurato al termine dell'esposizione presso tutte le stazioni del terminale e di controllo. Questo risultato è verosimilmente legato allo *spawning* (emissione dei gameti) indotto dal trapianto (è un evento ampiamente descritto in letteratura) a cui consegue una condizione di stress che giustifica la riduzione dei valori NRRT. Prova dell'induzione dello *spawning* è l'osservazione della massiccia presenza di gameti maturi nei mitili Tempo zero, non più visibili al

Comet Assay - Anche la misura del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali dei mitili non ha evidenziato differenze significative tra gli individui di controllo (Stazione E Bianco Gorgona) e quelli posti lungo il terminale FRSU. I mitili analizzati subito dopo il prelievo dall'allevamento (Tempo zero) hanno mostrato un livello di integrità del DNA molto simile a quello dei controlli e degli organismi posizionati presso le stazioni A (Pos. 1), C (Pos. 3) e D (Pos. 4) del terminale. In base a questi risultati si può escludere la presenza di un impatto genotossico attribuibile al terminale FRSU. Unica differenza significativa è stata osservata tra i mitili Tempo zero e quelli della stazione A (Pos. 1); infatti, questi ultimi hanno mostrato un grado di frammentazione mediamente superiore a quello misurato poco dopo il prelievo dall'impianto di maricoltura.

termine del periodo di trapianto presso il terminale e presso la stazione di controllo.

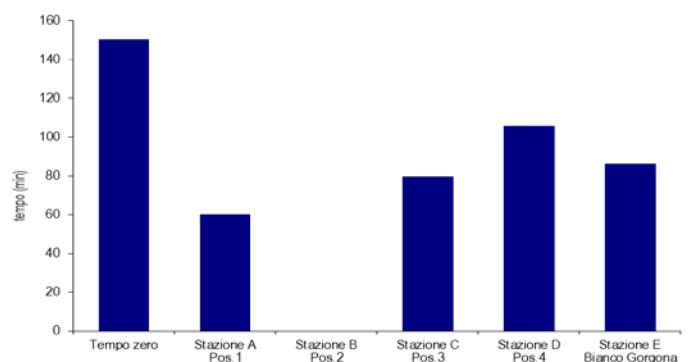


Figura 26 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

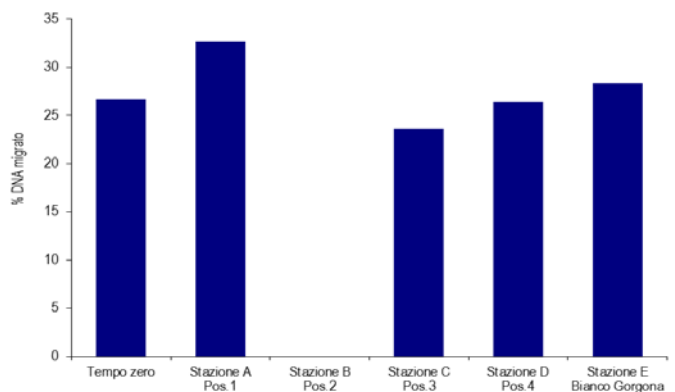


Figura 27 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologica del tessuto branchiale - L'analisi istologica delle branchie di mitili ha mostrato un elevato grado di integrità del tessuto branchiale nella maggior delle stazioni indagate.

Questo dato si evince dal punteggio pari a 1 o poco superiore misurato negli organismi analizzati. Unica differenza significativa riguarda i mitili della stazione C (Pos. 3) nella quale il valore medio dello score è risultato superiore a quello dei mitili di controllo.

Tuttavia, lo score medio di 1,08 + 0,84 denota una alterazione molto modesta.

In conclusione anche in base all'indagine istologica non sono osservabili evidenze di impatto imputabili all'attività del terminale FRSU.

Tabella 41 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.

Replica	I	II	III	IV	IV
Mitili tempo zero	1	1	2	1	1
Stazione A (Pos. 1)	1	1	1	1	1
Stazione B (Pos. 2)	-	-	-	-	-
Stazione C (Pos. 3)	2	2	1	3	1
Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	1	1
Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	1	1	1

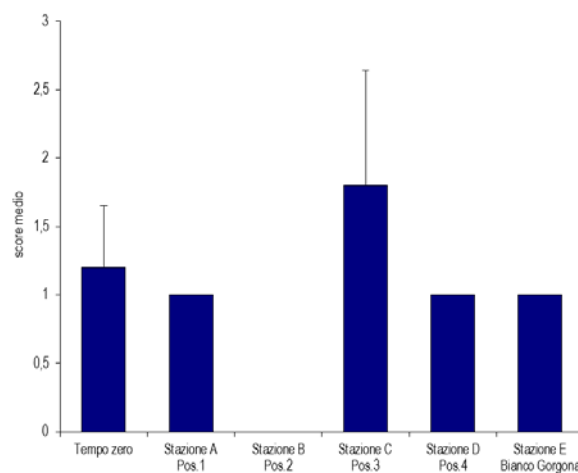


Figura 28 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

3.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Non ci sono stati avvistamenti.

3.3 INDAGINI GENERALI

3.3.1 Misura del rumore

In questa sezione sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100 m e a 1000 m di distanza dalla posizione della piattaforma) alla profondità di 55 m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (Figura 29- Figura 32 e Figura 34 - Figura 37).

Tra le misure a 10 km di distanza, sono state selezionate qui quelle registrate nei punti E10K e S10K (Figura 38 e Figura 39), per permettere il confronto sulle direttrici Sud e Est con le misure a 100 e 1000 m.

Come in precedenti campagne, nel range di frequenze superiore a 15 kHz si evidenziano spesso righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

Gli elevati livelli spettrali almeno fino ad 1 kHz evidenti in tutte le misure a distanza 100 m dal Terminale indicano una notevole attività attorno al terminale stesso (in particolare è stata registrata la presenza del rimorchiatore Corrado Neri, cfr. la mappa AIS in

Figura 33). Anche ad alta frequenza, il rumore rimane a livelli elevati. Va tuttavia ricordato anche che il vento era piuttosto sostenuto durante questo periodo di misura (tra i 5 e i 9 nodi).

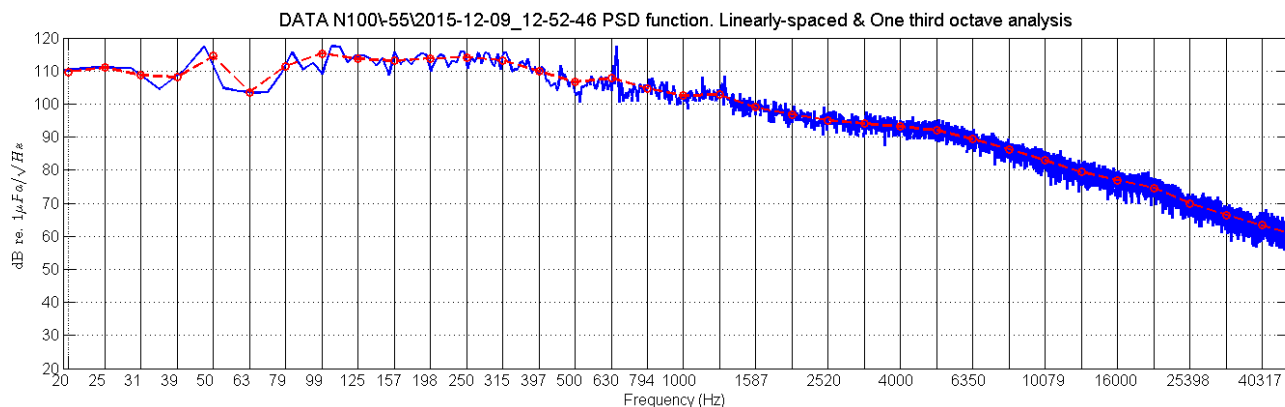


Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. L'elevato livello spettrale in tutta la banda indica presenza di rumore antropogenico (attività riconducibili ad imbarcazioni medio-piccole vicine).

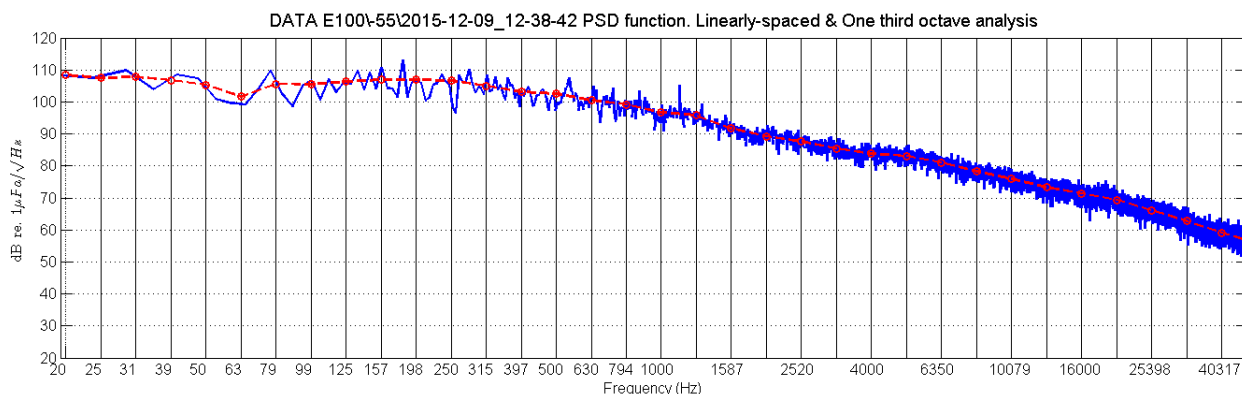


Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità. Anche in questo caso il livello di rumore è elevato per tutta la banda ed è attribuibile a presenza di imbarcazioni vicine.

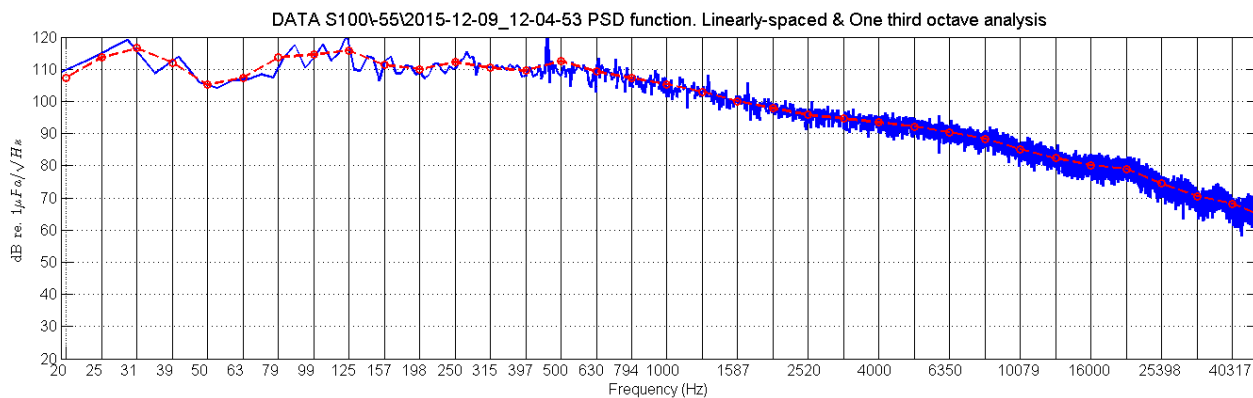


Figura 31 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. L'andamento è simile ai precedenti, ma con maggiori oscillazioni nella forma spettrale a frequenze maggiori di 16 kHz.

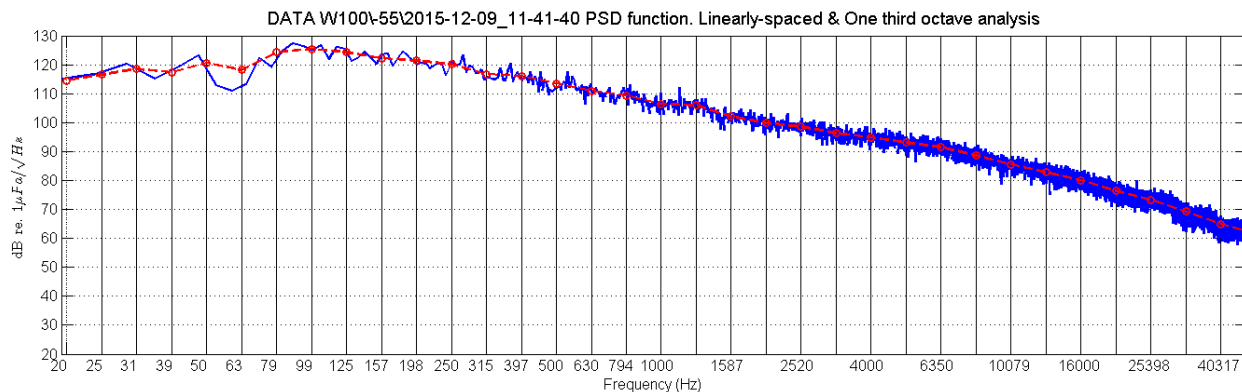


Figura 32 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Livelli e forma dello spettro rivelano attività vicine.

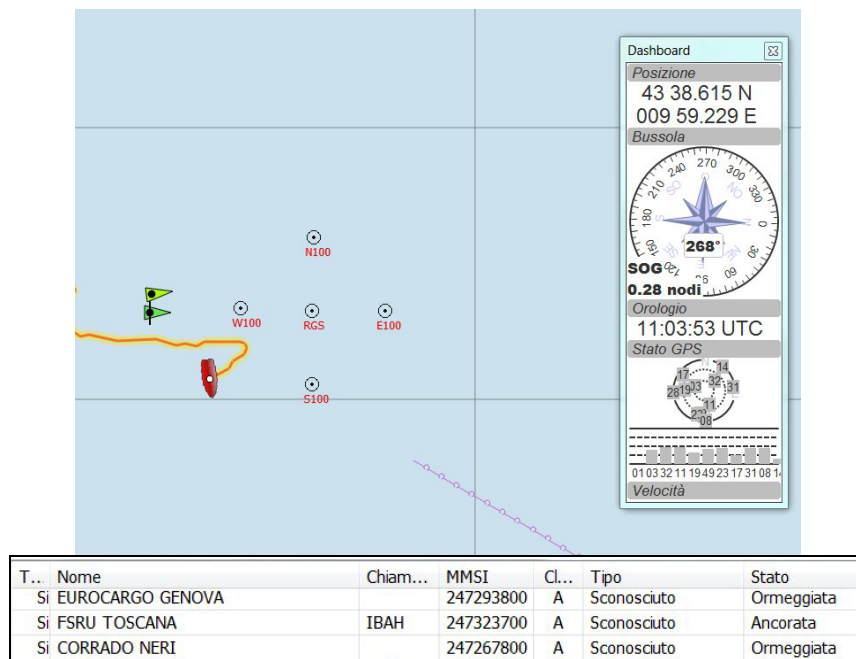


Figura 33 - Ricostruzione AIS del traffico intorno al Terminale al momento della misura S100 a 55 m. La freccia verde chiaro indica il rimorchiatore Corrado Neri ormeggiato a fianco del Terminale che è indicato dalla freccia verde scuro.

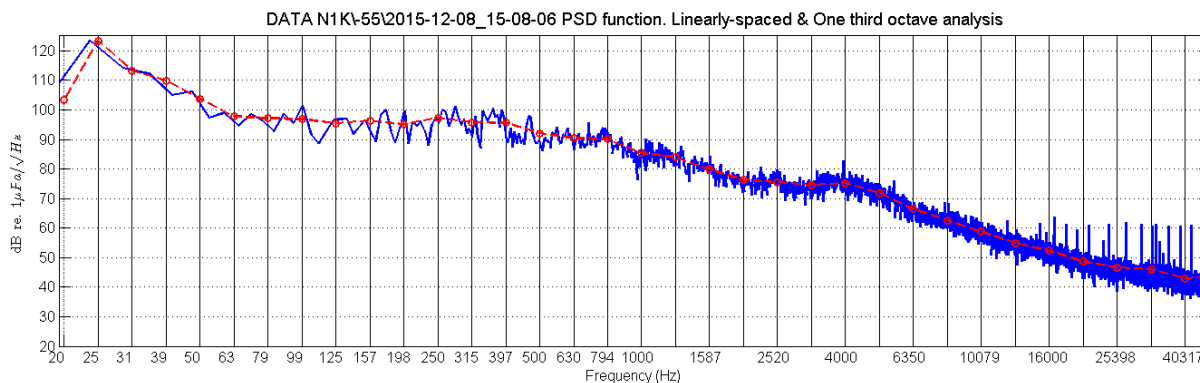


Figura 34 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55 m di profondità. Il livello è particolarmente alto a frequenze molto basse (sotto i 50 Hz) per poi calare dolcemente. Si può trattare di traffico navale di fondo. Rimane un "bounce" intorno ai 4 kHz. Interferenze non acustiche (picchi di armoniche) sopra i 15 kHz (evidenti anche nelle successive misure perché il rumore di fondo è ora relativamente basso in questa banda).

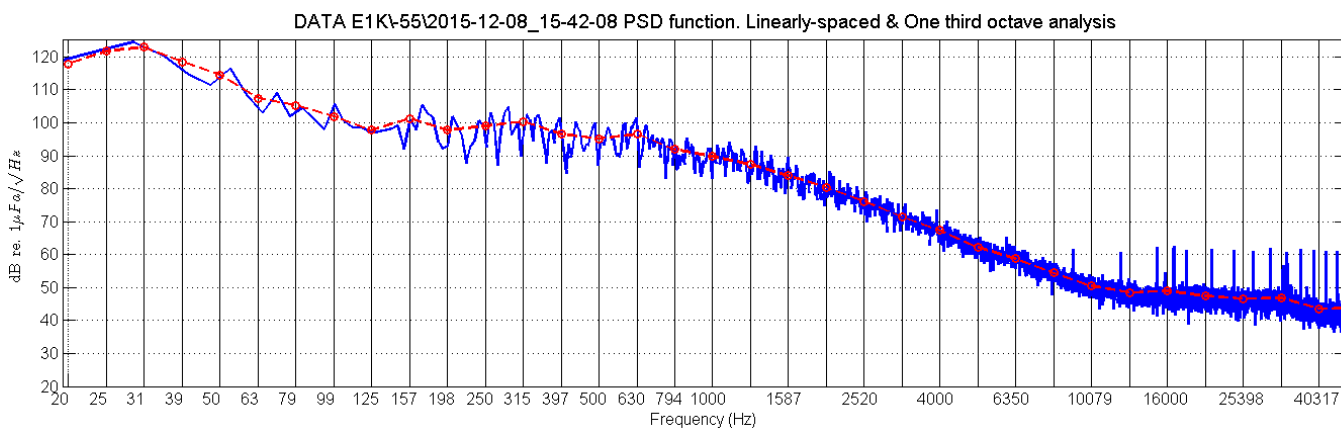


Figura 35 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55 m di profondità. Livello elevato a bassissima frequenza, indice di traffico navale di fondo.

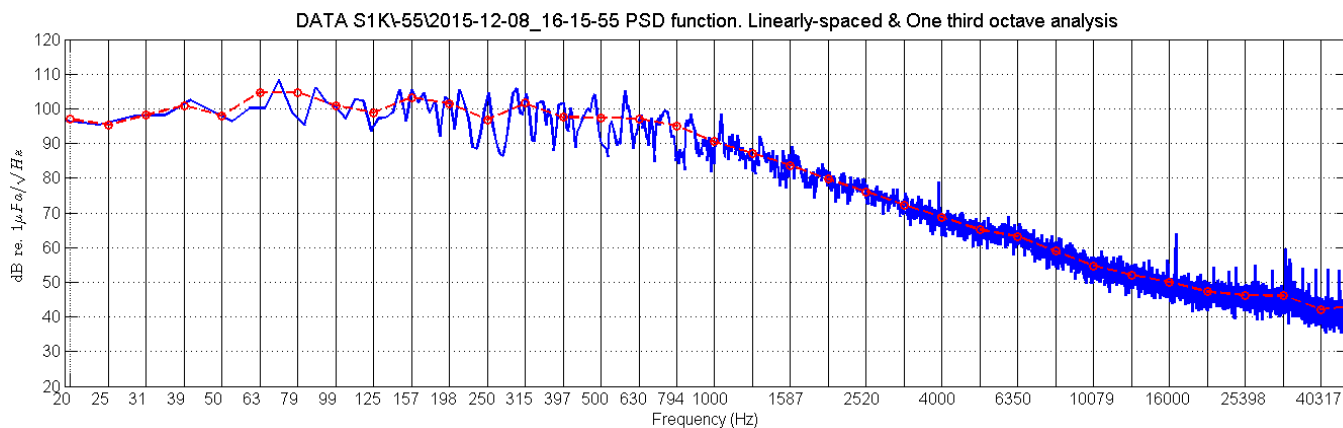


Figura 36 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55 m di profondità. Il rumore cala alle bassissime frequenze, ma rimane elevato e quasi piatto tra i 70 e i 1000 Hz.

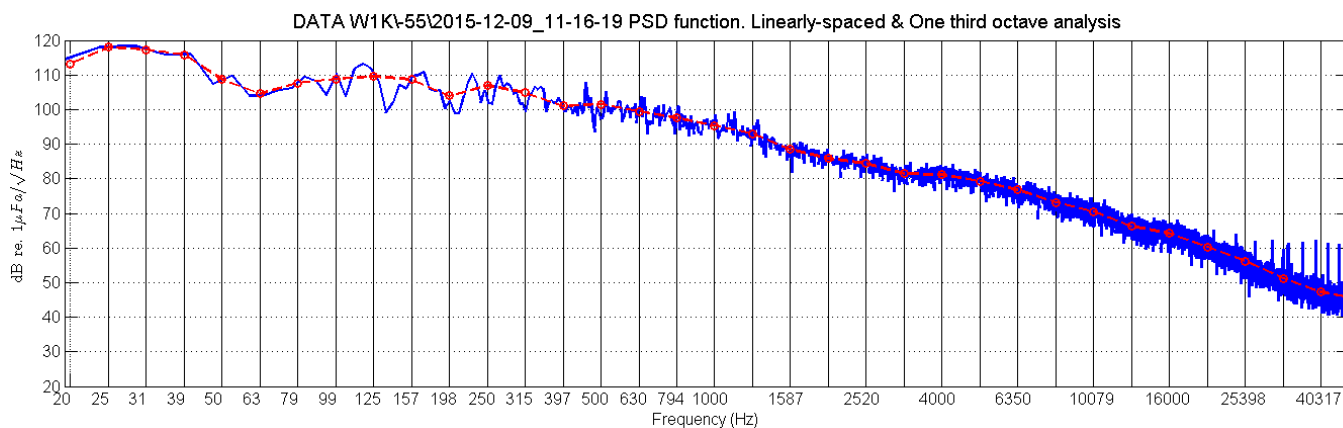


Figura 37 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55 m di profondità. Livelli a bassa e media frequenza piuttosto elevati, indice di passaggio di imbarcazioni

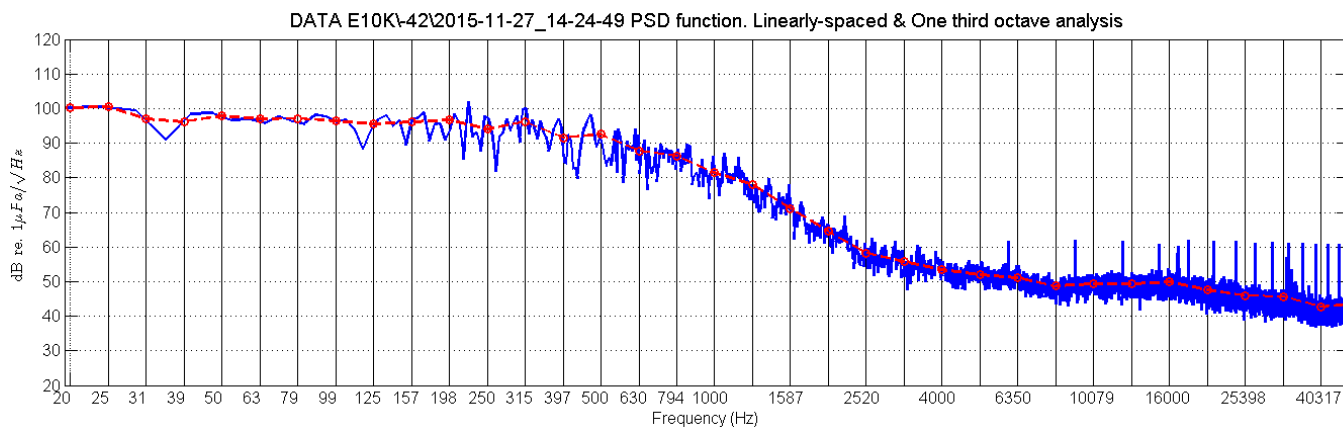


Figura 38 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 42 m di profondità. Lo spettro è piatto fino a circa 1 kHz e poi cala velocemente per raggiungere un altro plateau da circa 5 kHz.

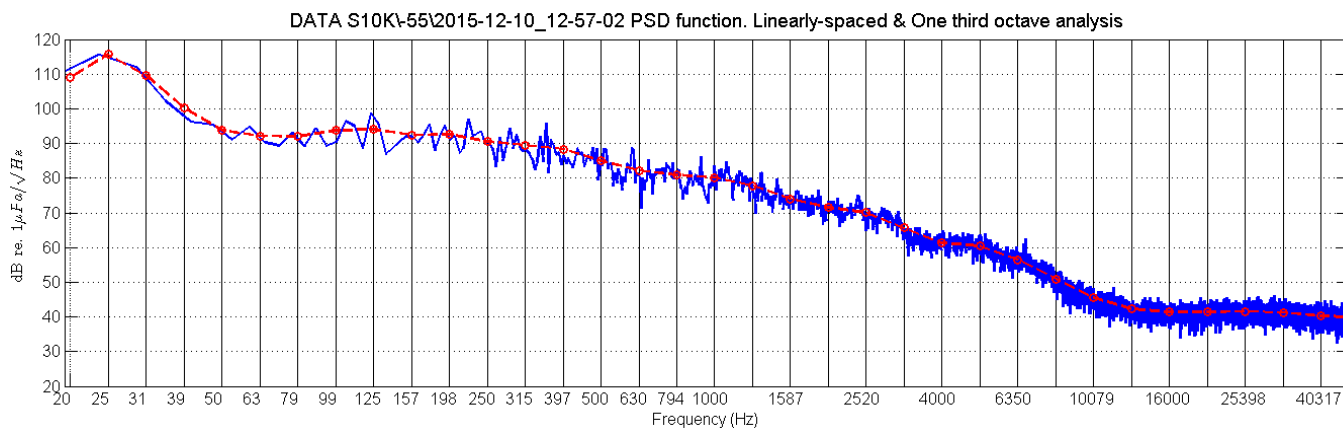


Figura 39 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55 m di profondità. È evidente il passaggio di grandi navi lontane per il picco a bassissime frequenze. Qui sono assenti le interferenze elettromagnetiche che caratterizzano le misure precedenti.

Per cercare di individuare possibili componenti di rumore che provengano dal Terminale, si è seguita una procedura di confronto tra misure. Si sono quindi:

- confrontati gli spettri registrati alla distanza minore, quella dei 100 m, per esempio a 55 m di profondità, per trovare possibili correlazioni;
- confrontati gli spettri registrati sulla stessa direttrice a diverse distanze (100, 1000 e 10000 m) per individuare possibili cadute di segnale con la distanza;

La Figura 40 mostra il confronto dei livelli di rumore a 55 m registrati sulla direttrice Sud a 100, 1000 e 10000 m. Benché i dati a 10 km di distanza siano caratterizzati da traffico navale lontano, la diminuzione dei livelli al crescere della distanza è molto evidente dai 500 Hz in su, ma in particolare oltre i primi kHz. Come già evidenziato, a distanza 100 m il rumore rimane alto anche oltre i 25-30 kHz, mentre tende ad essere comparabile tra 1 km e 10 km di distanza.

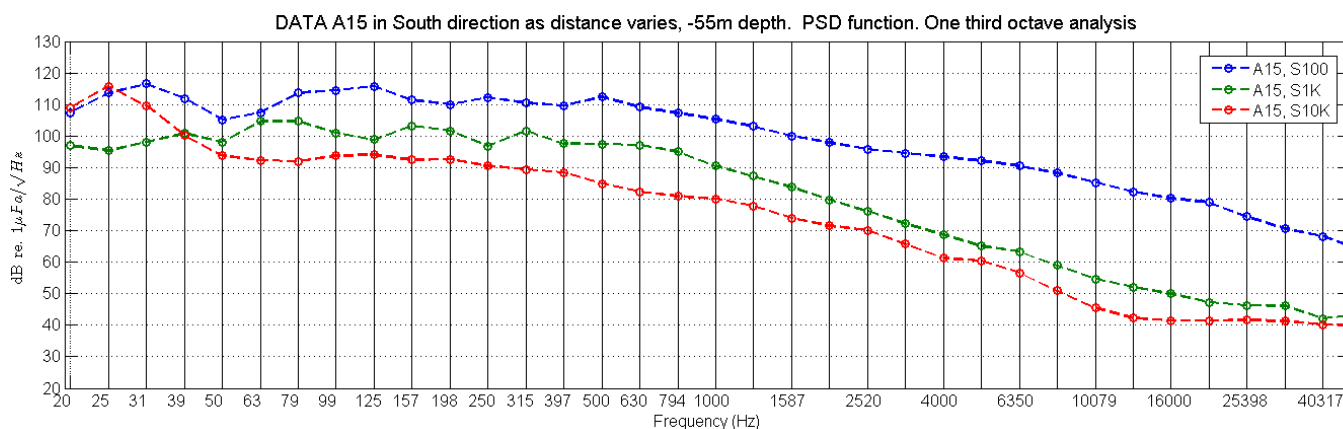


Figura 40 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55 m.

La verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati.

In questa campagna le attività registrate non sono solo quelle proprie di emissione del Terminale (localizzate tra i 7-8 kHz e i 20 kHz circa), ma anche delle imbarcazioni di appoggio, quindi la banda di frequenze interessate è molto più ampia di quella studiata nelle campagne precedenti. Tuttavia per conformità vengono presentati i risultati di simulazione di Transmission Loss (TL) conseguente alla propagazione del suono a 12 kHz. I risultati rimangono validi per tutte le frequenze tra 0 e 20 kHz e oltre. Il modello di propagazione usato è il modello Bellhop precedentemente descritto.

Parametri oceanografici

Le misure di CTD condotte insieme a quelle acustiche sono un valido supporto al modello di propagazione. Esse sono altamente tempo-varianti e possono variare molto anche nello spazio, perciò il modello deve tenere conto ogni volta delle misure locali di CTD, e quindi di profilo di velocità del suono lungo la colonna d'acqua, condotte simultaneamente a quella determinata misura

acustica. Dal confronto dei vari profili misurati durante questa campagna (vd. Figura 41) si desume che il range di variabilità di velocità è estremamente limitato da un punto all'altro (la massima variazione è di 5 m/s).

Quasi tutti i profili sono prevalentemente costanti al variare della profondità; si discostano da questo andamento comune la misura

in E10K, che presenta uno spiccato gradiente positivo lungo tutto il profilo, la misura in N10K, la più distante dalle altre, piuttosto costante con la profondità, ma caratterizzata da un leggero gradiente positivo, e, in modo più limitato, la misura in N1K, che presenta una velocità superficiale appena più elevata della media.

Anche il profilo E1K ha gradiente positivo fino ai 10 m di profondità ma sotto i 30 m segue l'andamento medio.

Definizione della sorgente acustica sulla base dei dati raccolti

Dal punto di vista della sua direttività sul piano verticale, si sceglie di definirla con irradiazione quasi omnidirezionale (+80°). Per quanto riguarda il campo di frequenze emesse, dall'analisi spettrale dei dati raccolti abbiamo già definito un probabile incremento di livello nella banda centrata su 12 kHz da attribuire ad un'attività del Terminale, che dobbiamo verificare con questo modello. Quindi la frequenza scelta per mostrare i risultati di propagazione è 12 kHz. Si è scelto di posizionare la sorgente di eventuale rumore irradiato dal Terminale ad una profondità di 5m. La scelta è necessariamente arbitraria, in assenza di informazioni dettagliate sulla sorgente. Chiaramente i punti di ricezione di interesse sono a 8 e 55m di profondità che corrispondono alle 12 stazioni di misura situate sulle quattro direzioni principali, ma è conveniente calcolare e visualizzare sia come si propagano i beam delle onde sonore sia come si distribuisce la Transmission Loss nell'intero piano Range-Depth almeno fino ad una distanza di 10 km per capire meglio i valori numerici ottenuti.

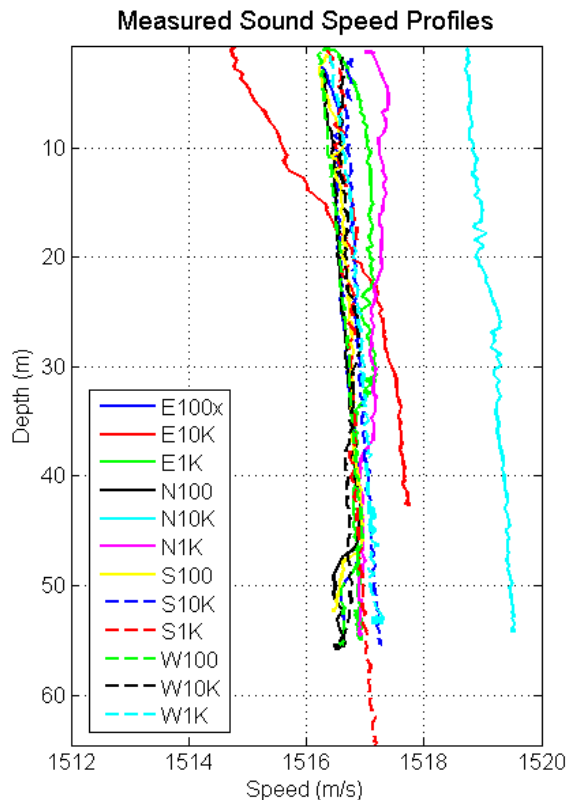


Figura 41 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale.

Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

Sulla base delle considerazioni sui dati reali e delle assunzioni formulate per i parametri di input al modello di propagazione acustica ed utilizzando le misure di profilo di velocità del suono ottenuta dalla sonda multi-parametrica CTD, applichiamo lo strumento di simulazione di propagazione del suono Bellhop a 12 kHz di frequenza. I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di misura. Per uniformità con la presentazione dei dati reali consideriamo il profilo di velocità del suono sulla direttrice Sud (Figura 42, Figura 43). Il gradiente leggermente positivo nel primo strato e poi quasi nullo a maggiori profondità fa sì che se la sorgente è appunto nello strato superficiale si crei un "surface duct" privilegiato, una shadow zone sottostante e poi una parte di canale piuttosto uniforme in termini di Transmission Loss. Le misure a 55 m di profondità si trovano in quest'ultima zona, in cui vediamo una caduta di circa 60 dB ad 1 km dalla sorgente.

Simile comportamento presenta la simulazione della propagazione del suono lungo la direttrice Est (Figura 44 e Figura 45), basata sul profilo di velocità del suono misurato alla stazione E1K. I risultati sono molto simili.

Se il livello reale misurato ad 1 km su direttrice Sud è 52 dB (Figura 40), allora ci si deve aspettare un livello alla sorgente (ad un metro) di 112 dB re 1 µPa, che è in buon accordo con le considerazioni fatte per le precedenti campagne.

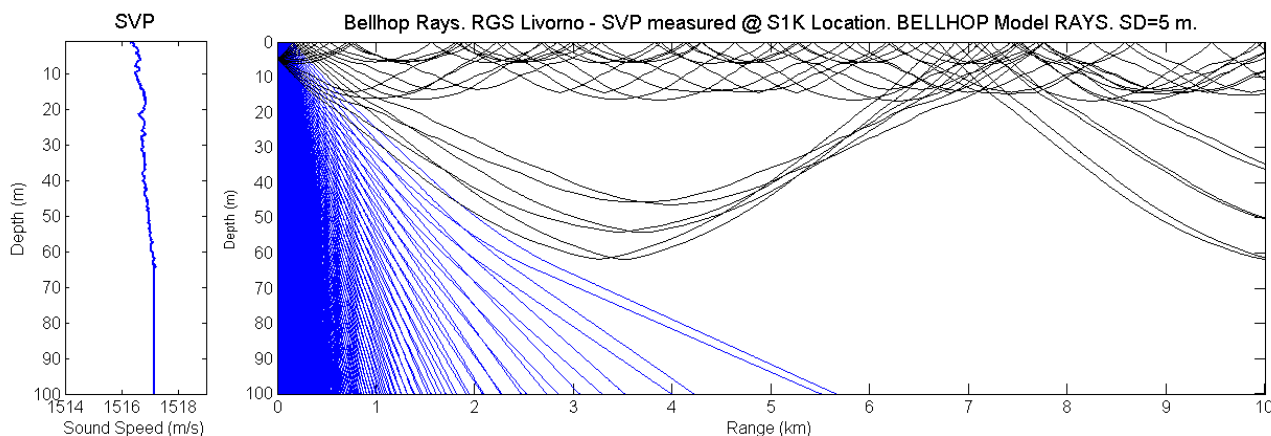


Figura 42 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5 m di profondità sulla direttrice Sud, assunto il profilo di velocità misurato in S1K (modello Bellhop).

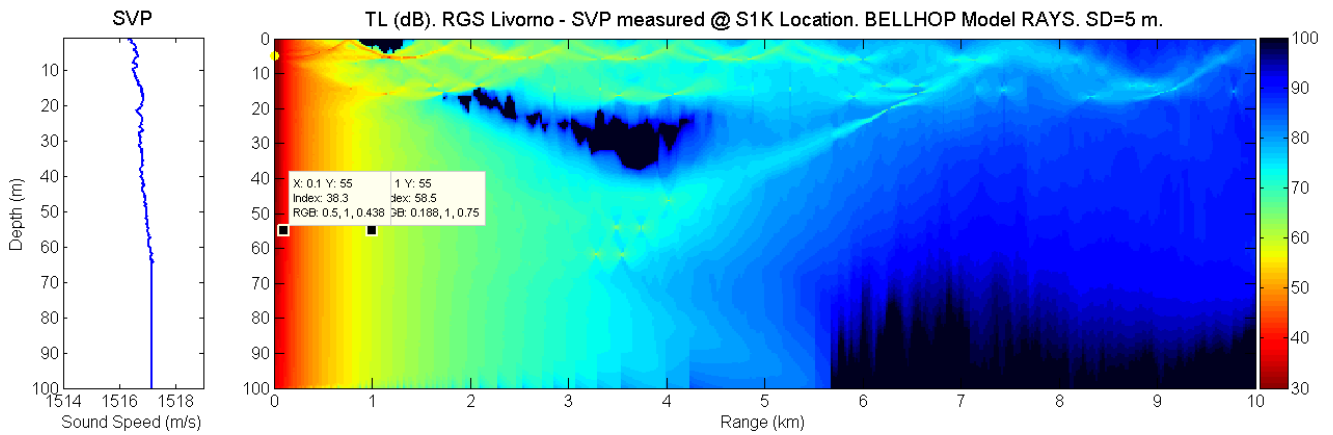


Figura 43 - Simulazione della Transmission Loss alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in Figura 42 (modello Bellhop) I valori a 100 e 1000 m di distanza orizzontale dalla sorgente a profondità 55 m sono evidenziati per poter permettere un confronto con i dati reali misurati (vd. Figura 40).

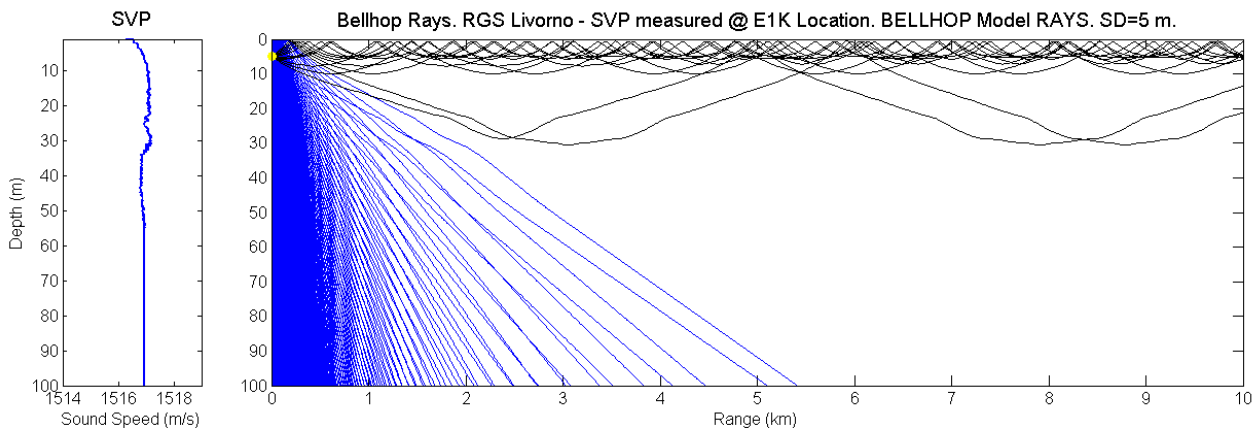


Figura 44 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5 m di profondità, assunto il profilo di velocità misurato in E1K (modello Bellhop).

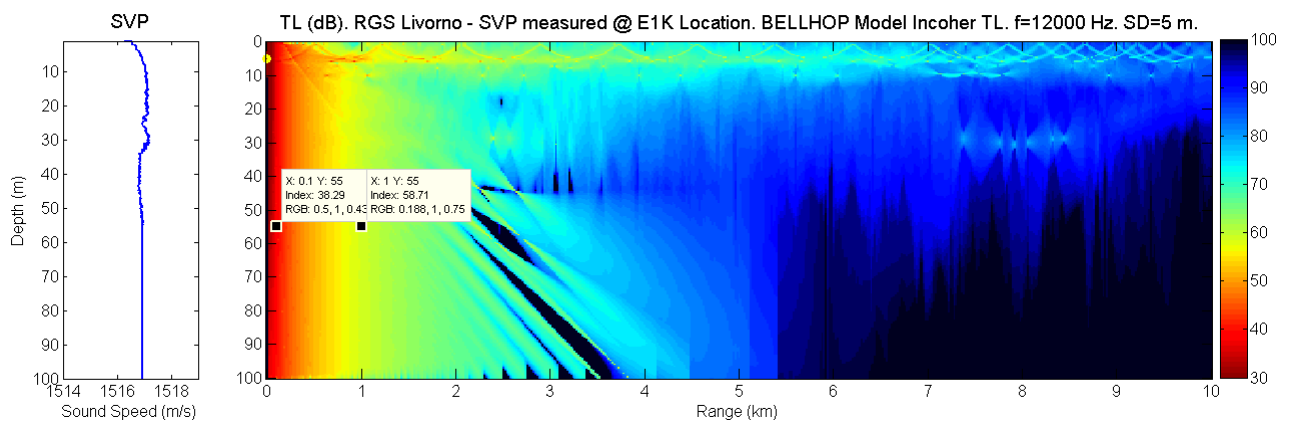


Figura 45 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz (modello Bellhop) sulla direttrice Est.

In conclusione, da queste simulazioni si deduce che, in condizioni ambientali caratterizzate da un profilo di velocità del suono con leggero gradiente positivo vicino alla superficie e quasi nullo a maggiori profondità, il rumore acustico emesso dalle attività del Terminale (quindi abbastanza vicino alla superficie) decade di circa 60 dB su 1 km, in modo abbastanza uniforme su tutta la colonna. Questo, se confrontato con i valori reali a 1 km permette di predire un Source Level di circa 112 dB re 1 μ Pa, del tutto confrontabile con i dati delle relazioni precedenti (110-113 dB). Tale valore è al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei (110-120 dB) alle quali si verificano le prime risposte comportamentali da parte dei cetacei.

3.3.2 Bioacustica

Durante questa campagna le registrazioni effettuate non hanno dato esito positivo in accordo all'assenza di avvistamenti.

4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2016

4.1 COLONNA D'ACQUA

4.1.1 Profili idrologici

La **temperatura** (Figura 46) varia in un range compreso tra 13,83 e 14,20 °C in linea con le temperature tipiche del periodo e della zona di indagine; Le temperature tendono ad una generale omogeneità, fanno eccezione soltanto i primi 10 metri in cui esse risultano più eterogenee.

La **salinità** (Figura 47) mostra un andamento uniforme con valori compresi tra 37,74 e 37,85 ppt. Questi valori sono in linea con la stagione di monitoraggio ed il movimento delle acque che tende a rimescolarle omogenizzando i vari parametri.

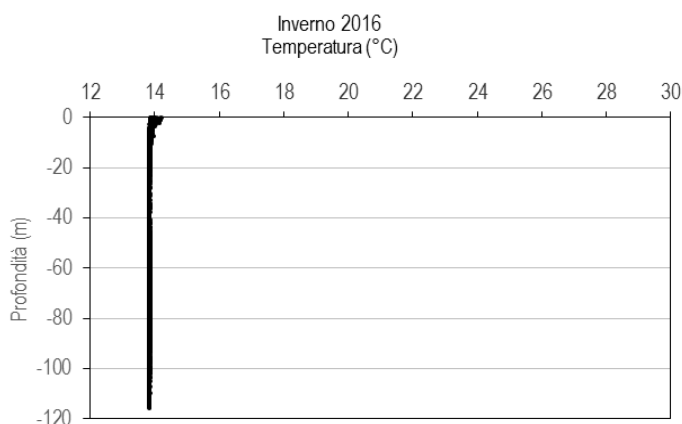


Figura 46 – Profili di temperatura (°C).

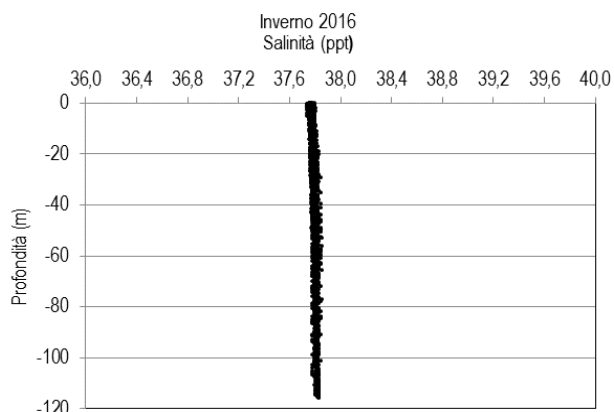


Figura 47 - Profili di salinità (ppt).

Il diagramma T/S (Temperatura/Salinità) (Figura 48) evidenzia una sostanziale omogeneità dei due parametri in questa stagione.

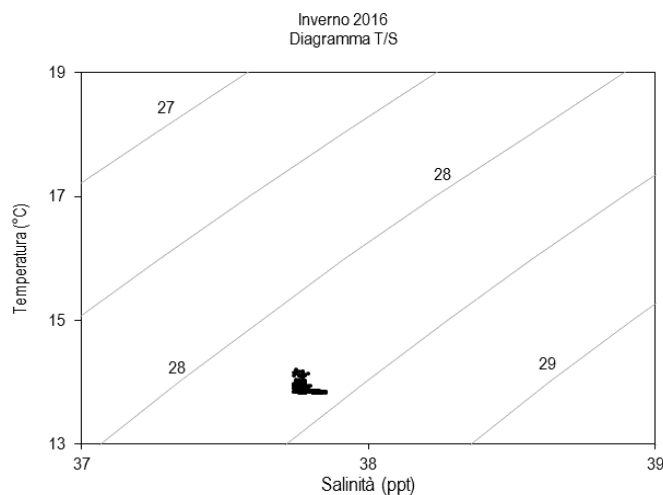


Figura 48 – Diagramma T/S

La percentuale di **saturazione dell'ossigeno disciolto, DO%**, (Figura 49) presenta valori nel range 95-103,3 %. Tali valori hanno una maggiore eterogeneità nella fascia superficiale e tendono ad uniformarsi con la profondità.

La clorofilla tramite la **fluorescenza** (Figura 50) oscilla tra 0,08 e 1,01 µg/l. I valori più elevati sono stati misurati tra i 20 ed i 45 metri di profondità.

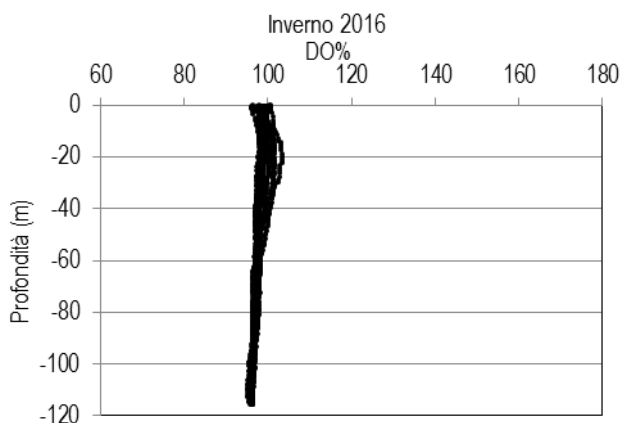


Figura 49 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).

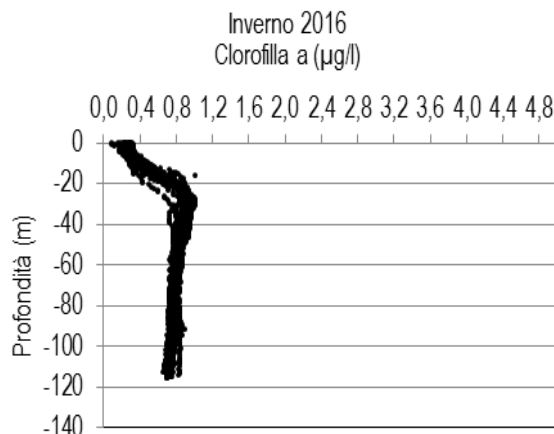


Figura 50 – Profili di clorofilla tramite fluorescenza.

I valori di pH (Figura 51) sono nella maggior parte dei casi inclusi nell'intervallo tra 8,10 e 8,20 (valore massimo rilevato). L'unica eccezione è stata misurata nei primi metri di profondità nella stazione I16MG10 dove sono stati rilevati valori leggermente inferiori a 8 (fino ad un minimo di 7,93). Tale stazione è situata a 2000 metri dallo scarico e quindi difficilmente influenzabile dalle attività del rigassificatore.

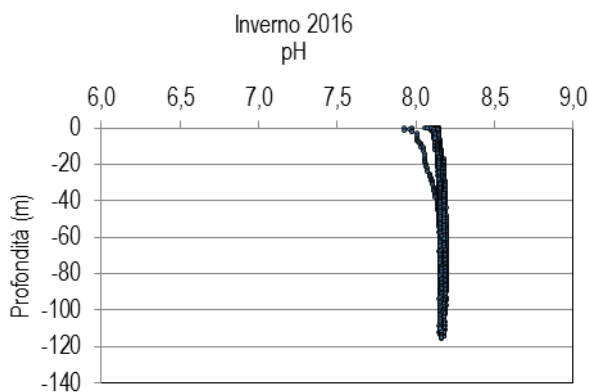


Figura 51 – Profili di pH.

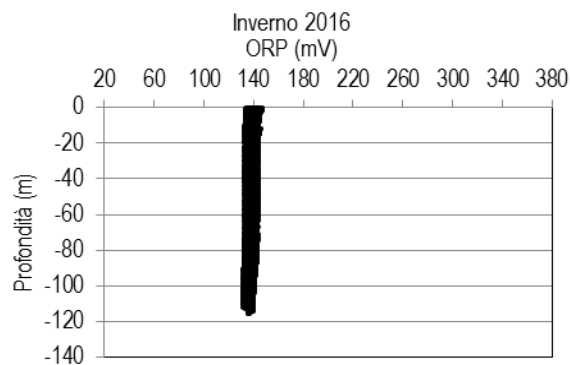


Figura 52 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.

I valori del **potenziale redox, ORP**, (Figura 52) oscillano tra 132 e 147mV. Come già sottolineato, le modeste variazioni sono in linea con la sostanziale omogeneità dei vari parametri tipica dell'area di monitoraggio in questa stagione.

La **torbidità** (Figura 53) nella fascia superficiale ha valori che variano tra 0,2 e 5,5 NTU. Sotto i 20 metri i valori misurati tendono ad uniformarsi e variano in un range più ristretto attestandosi tra 3 e 5 NTU.

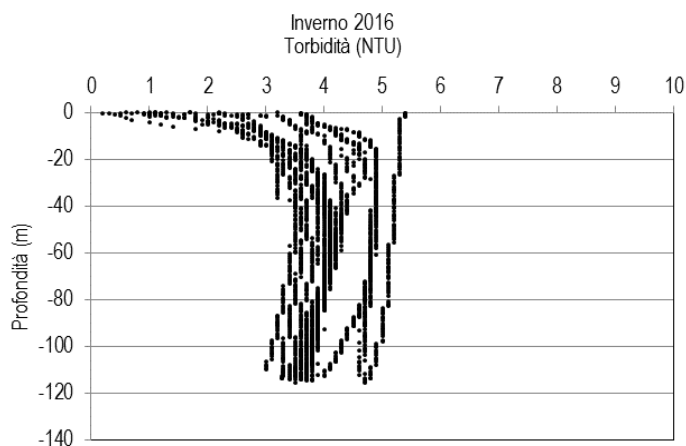


Figura 53 – Profili di torbidità (NTU).

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 54** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni I16 MG7 e I16 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 41 m alla stazione I16 MG7 e 48 m alla stazione I16 MG10. Nelle altre stazioni Z_{eu} varia dai 46 m della stazione I16 MG12 ai 58,5 m della stazione I16 MG5.

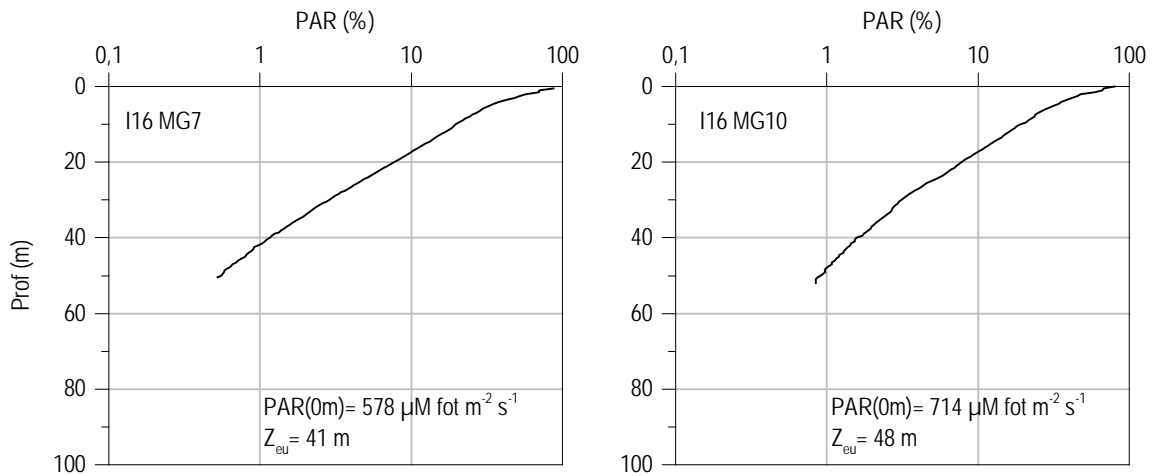


Figura 54 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni I16 MG7 e I16 MG10.

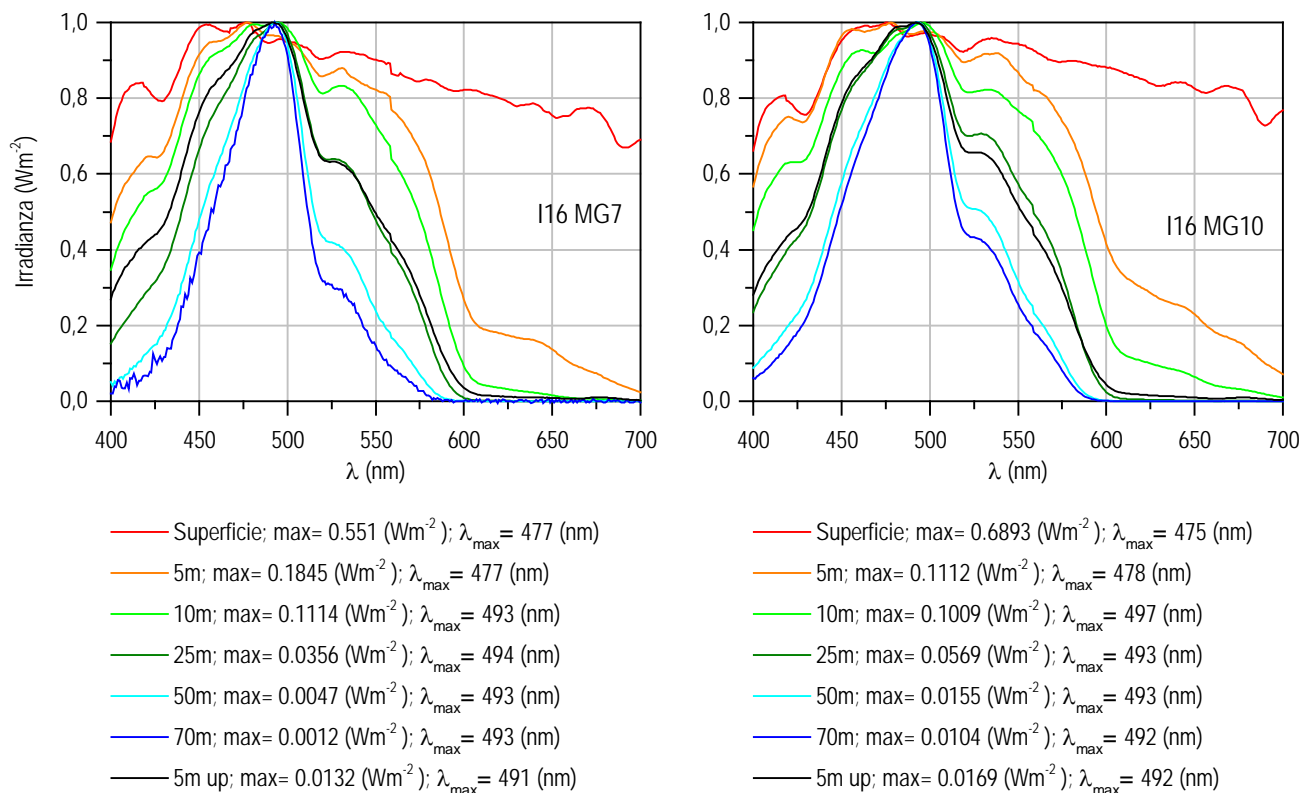


Figura 55 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).

In **Figura 55** sono riportati gli spettri (400-700 nm) della irradianza discendente in superficie e alle varie profondità e quelli della irradianza ascendente a 5 m alle stazioni I16 MG7 e I16 MG10. Tutti gli spettri sono normalizzati per i loro massimi. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente alle profondità maggiori e quelli della irradianza ascendente a 5 m, che indicano la radiazione più penetrante, si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 491 e 493 nm. In particolare a 70 m λ_{max} dell'irradianza discendente si trova a 492 nm alla stazione I16 MG10 e a 493 nm alla stazione I16 MG7.

4.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 42** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate, i cui profili verticali sono mostrati in **Figura 56**.

Tabella 42 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).											
Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3	Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3
I16 MG3	0,5	1,199	0,033	0,688	0,569	I16 MG9	0,5	1,271	0,038	0,485	1,001
	12,5	1,207	0,036	0,592	0,784		12,5	1,281	0,037	0,527	0,842
	50	1,185	0,031	0,552	0,689		50	1,223	0,037	0,610	0,924
	70	1,179	0,042	0,627	0,856		70	1,265	0,055	0,581	1,254
I16 MG5	0,5	1,180	0,032	0,574	0,727	I16 MG10	0,5	1,233	0,074	0,499	1,270
	12,5	1,205	0,039	0,638	0,826		12,5	1,183	0,036	0,647	0,593
	50	1,186	0,030	0,704	0,606		50	1,172	0,038	0,579	0,685
	70	1,182	0,032	0,600	0,787		70	1,215	0,036	0,632	0,658
I16 MG6	0,5	1,227	0,034	0,577	0,543	I16 MG12	0,5	1,157	0,047	0,505	1,072
	12,5	1,229	0,037	0,629	0,601		12,5	1,153	0,045	0,598	0,759
	50	1,262	0,047	0,679	0,574		50	1,270	0,041	0,587	0,843
	70	1,354	0,039	0,786	0,681		70	1,369	0,052	0,575	0,859
I16 MG7	0,5	1,258	0,035	0,615	0,531	I16 MG13	0,5	1,401	0,030	0,523	0,635
	12,5	1,276	0,031	0,500	0,676		12,5	1,289	0,060	0,588	0,793
	50	1,235	0,035	0,616	0,614		50	1,290	0,063	0,663	0,960
	70	1,206	0,044	0,565	0,721		70	1,312	0,050	0,596	0,913

I valori medi generali dei nutrienti, per tutte le stazioni e profondità, sono: nitriti: $0,598 \mu\text{M}$, nitrati: $0,776 \mu\text{M}$, fosfati: $0,041 \mu\text{M}$, silicati: $1,239 \mu\text{M}$, valori che presentano concentrazioni leggermente inferiori per quanto riguarda fosfati e nitrati rispetto alla campagna A15, sostanzialmente invariati per nitriti e silicati. In generale l'ambito di variazione è piuttosto ristretto per ognuno dei nutrienti, come è visibile anche osservando i massimi e i minimi lungo la colonna d'acqua (**Figura 56**): è più ampio, soprattutto nelle acque superficiali, per nitrati ($0,5 - 1,3 \mu\text{M}$) e fosfati ($0,030 - 0,074 \mu\text{M}$), più direttamente legati al consumo fitoplanctonico, rimangono in intervalli più ristretti le concentrazioni di nitriti e silicati.

La distribuzione verticale infatti non presenta particolari differenze tra le stazioni e tra le diverse profondità, legata alla sostanziale omogeneità fisica della colonna d'acqua, tranne una leggera tendenza all'aumento delle concentrazioni dalla superficie al fondo, comune a tutti i nutrienti, e legata probabilmente al minor consumo fitoplanctonico nelle acque più profonde.

In qualche caso concentrazioni più elevate sono osservabili in superficie, come nel caso dei nitrati in I16 MG9, I16 MG10 e I16 MG12 e dei fosfati in I16 MG10, ma non sono rilevabili anomalie da segnalare.

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 43**. Il valore medio generale è $1,31 \text{ mg/l}$, il minimo è $0,77 \text{ mg/l}$ alla stazione I16 MG3 a 70 m ed il massimo è $5,00 \text{ mg/l}$ in I16 MG6 a 0,5 m.

I profili batimetrici delle concentrazioni di TSM mostrano una generale omogeneità lungo la colonna d'acqua con concentrazioni comprese fra $0,8$ a $1,5 \text{ mg/l}$. Si discostano da questa condizione le concentrazioni superficiali alla stazione I16 MG6 dove TSM raggiunge 5 mg/l , i 50 m della stazione I16 MG3 dove TSM supera $2,80 \text{ mg/l}$ ed i 70 m della I16 MG9 con $1,9 \text{ mg/l}$.

La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media $0,30 \text{ mg/l}$ con minimo di $0,09$ alla stazione I16 MG10 0,5 e massimo di $0,96 \text{ mg/l}$ sempre in superficie. I profili batimetrici del POM nella maggior parte dei casi hanno forme simili a quelli di TSM.

Le percentuali di POM rispetto al TSM sono in media del $24,5\%$ con minimi del $7,1\%$ alla stazione I16 MG10 0,5 m, e massimo del $36,6\%$ alla stazione I16 MG6 12,5 m.

Non si segnalano particolari anomalie ed anche il valore più alto misurato ($5,00 \text{ mg/l}$ in I16 MG6 0,5 m) appare legato ad una variabilità casuale e naturale, probabilmente più accentuata nelle acque superficiali (**Figura 57**).

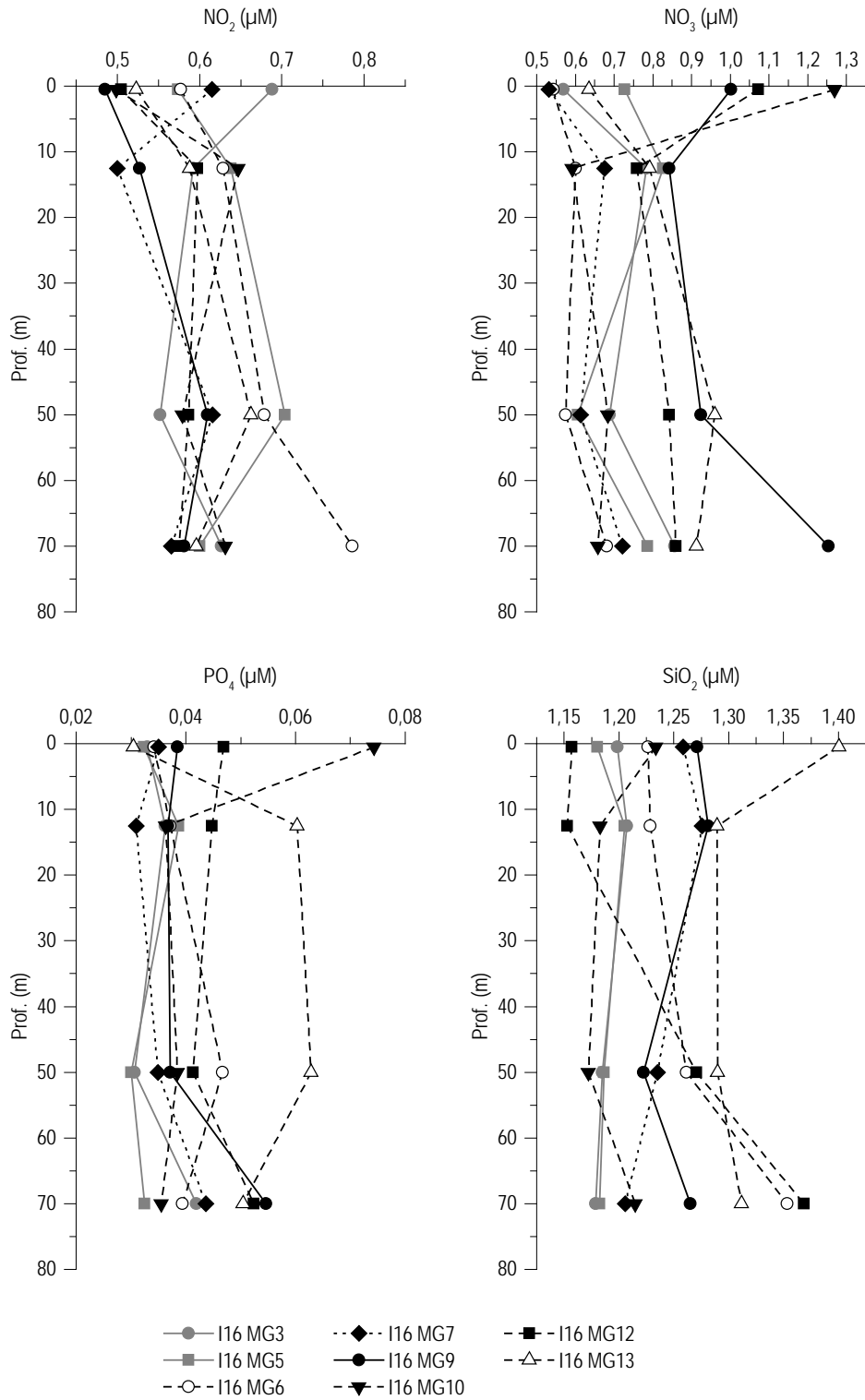


Figura 56 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Prof. m	Stazione	TSM mg L ⁻¹	Stazione	TSM mg L ⁻¹
0,5	I16 MG3	1,4150	I16 MG9	1,3825
12,5		1,4360		1,2982
50		2,8168		1,0578
70		0,7735		1,9203
0,5	I16 MG5	0,7870	I16 MG10	1,2213
12,5		0,7933		1,4017
50		0,8202		1,6153
70		0,8715		1,1273
0,5	I16 MG6	5,0040	I16 MG12	0,8310
12,5		1,0878		1,3628
50		1,0338		0,9335
70		0,9165		0,9393
0,5	I16 MG7	1,3300	I16 MG13	0,8590
12,5		1,3227		1,0233
50		1,3323		1,0145
70		1,1247		1,1143

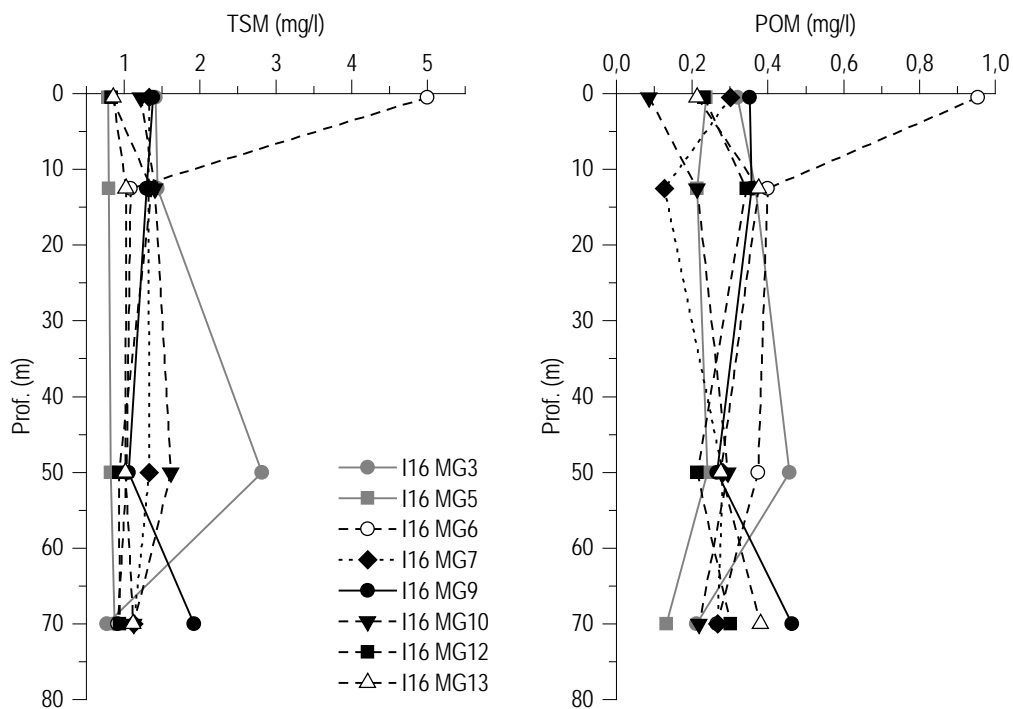


Figura 57- Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ sono in media $0,24 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,20 \text{ m}^{-1}$ alla stazione I16 MG5, a 50 m ad un massimo di $0,42 \text{ m}^{-1}$ alla stazione I16 MG13 a 50 m (Tabella 44). I profili batimetrici di $a_{CDOM}(325)$ si presentano in maggioranza con andamento abbastanza omogeneo nella colonna d'acqua. Il profilo della stazione I16 MG13 presenta gli assorbimenti più alti in assoluto ($> 0,40 \text{ m}^{-1}$) a 12,5 e 50 m. Alle stesse profondità anche le stazioni I16 MG6 e I16 MG10 hanno assorbimenti più alti delle altre stazioni e I16 MG9 si distingue per $a_{CDOM}(325)$ leggermente più alto in superficie, ma le variazioni appaiono comunque di piccola entità (Figura 58).

Tabella 44 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m.	Stazione	$a_{CDOM}(325) \text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM}(325) \text{ m}^{-1}$
0,5	I16 MG3	0,2069	I16 MG9	0,2781
12,5		0,2102		0,2266
50		0,2244		0,2203
70		0,2225		0,2449
0,5	I16 MG5	0,2338	I16 MG10	0,2430
12,5		0,2268		0,2737
50		0,2027		0,2668
70		0,2126		0,2572
0,5	I16 MG6	0,2143	I16 MG12	0,2093
12,5		0,3043		0,2252
50		0,2558		0,2060
70		0,2096		0,2321
0,5	I16 MG7	0,2423	I16 MG13	0,2043
12,5		0,2236		0,4080
50		0,2245		0,4168
70		0,2175		0,2252

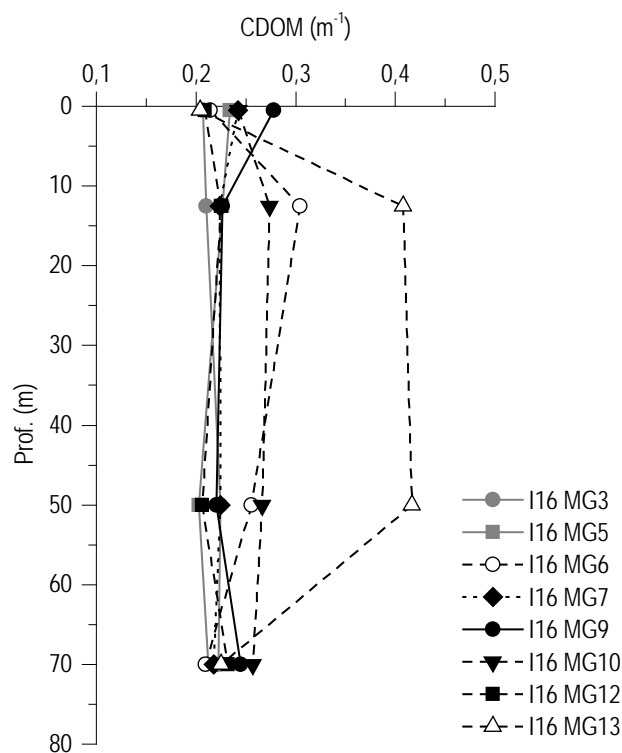


Figura 58- Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.

Clorofilla *a* e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla *a* è in media $0,352 \text{ mg/m}^3 (\pm 0,056)$ e varia da un minimo di $0,262$ (I16 MG13 50 m) a un massimo di $0,490 \text{ mg/m}^3$ (I16 MG9 12,5 m) (Tabella 45), valori maggiori di quelli misurati in A15, come da aspettarsi per il periodo stagionale.

I profili batimetrici (Figura 59) della maggior parte delle stazioni mostrano una distribuzione della concentrazione di clorofilla *a* omogenea nella colonna d'acqua, variando nel range compreso fra circa $0,3$ a $0,4 \text{ mg/m}^3$ e con la tendenza a diminuire verso le maggiori profondità. Da questa distribuzione si distinguono le stazioni I16 MG9 e I16 MG7 che hanno i massimi a 12,5 m (circa $0,5 \text{ mg/m}^3$) e concentrazioni più alte, rispetto alle altre stazioni anche a 0,5 m.

Si hanno inoltre le concentrazioni più basse in superficie di I16 MG12 e minori di $0,3 \text{ mg/m}^3$ alle maggiori profondità in I16 MG13. Le variazioni tra le stazioni rientrano comunque in un intervallo di variabilità naturale.

Tabella 45 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).				
Prof. m	Stazione	chl a tot mg m ⁻³	Stazione	chl a tot mg m ⁻³
0,5	I16 MG3	0,3289	I16 MG9	0,4719
12,5		0,3786		0,4902
50		0,3967		0,3058
70		0,3592		0,3141
0,5	I16 MG5	0,3492	I16 MG10	0,3938
12,5		0,3316		0,3690
50		0,3656		0,3064
70		0,3559		0,3424
0,5	I16 MG6	0,3639	I16 MG12	0,2996
12,5		0,3283		0,3010
50		0,3584		0,3608
70		0,3298		0,2888
0,5	I16 MG7	0,4338	I16 MG13	0,3294
12,5		0,4832		0,3334
50		0,3449		0,2622
70		0,3187		0,2715

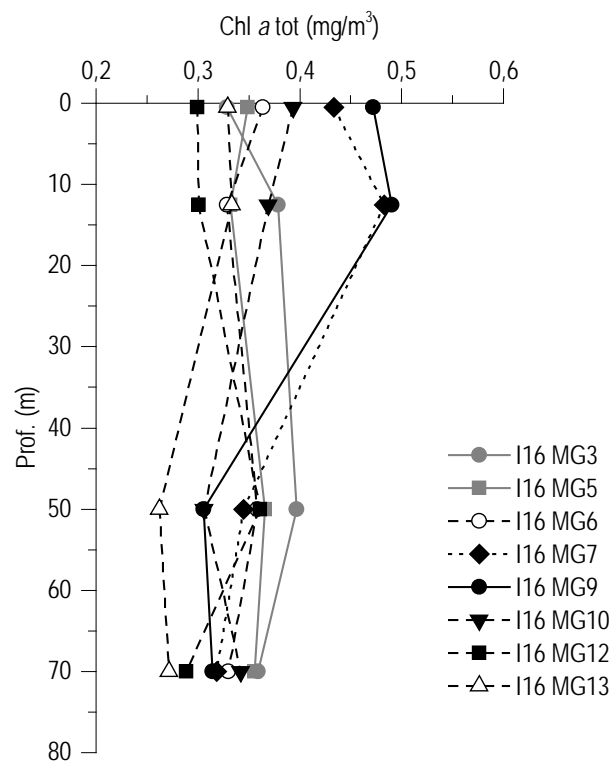


Figura 59 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali (proporzionali alla biomassa dei gruppi tassonomici dei quali costituiscono i markers) sono riportate in Tabella 46.

Il pigmento a maggiore concentrazione media è la Hex-Fuco (media 0,067, min 0,042, max 0,087 mg/m³), segue la Chl b (media 0,055, min 0,033, max 0,077 mg/m³), la Fuco (media 0,043, min 0,024, max 0,089 mg/m³), la But-Fuco (media 0,035, min 0,024, max 0,045 mg/m³), la Zea (media 0,012, min 0,009, max 0,018 mg/m³), la Prasino (media 0,010, min 0,007, max 0,017 mg/m³), la Perid (media 0,008, min 0,006, max 0,011 mg/m³), la Allo (media 0,005, min 0,003, max 0,009 mg/m³) e la DVA (media 0,004, min 0,001, max 0,009 mg/m³).

Tabella 46 - Concentrazioni (mg m⁻³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
I16 MG3	0,5	0,0293	0,0069	0,0726	0,0344	0,0115	0,0025	0,0109	0,0030	0,0561
	12,5	0,0366	0,0073	0,0790	0,0403	0,0128	0,0061	0,0119	0,0039	0,0645
	50	0,0347	0,0072	0,0869	0,0408	0,0133	0,0054	0,0116	0,0015	0,0745
	70	0,0329	0,0074	0,0854	0,0449	0,0126	0,0055	0,0115	0,0027	0,0596
I16 MG6	0,5	0,0344	0,0071	0,0797	0,0393	0,0115	0,0042	0,0106	0,0020	0,0659
	12,5	0,0304	0,0075	0,0656	0,0343	0,0103	0,0040	0,0114	0,0045	0,0617
	50	0,0346	0,0080	0,0834	0,0420	0,0117	0,0050	0,0117	0,0016	0,0610
	70	0,0350	0,0071	0,0849	0,0436	0,0122	0,0054	0,0136	0,0035	0,0644
I16 MG6	0,5	0,0503	0,0068	0,0579	0,0296	0,0092	0,0060	0,0109	0,0015	0,0575
	12,5	0,0421	0,0074	0,0423	0,0239	0,0080	0,0042	0,0105	0,0031	0,0551
	50	0,0365	0,0066	0,0761	0,0371	0,0102	0,0059	0,0138	0,0025	0,0557
	70	0,0342	0,0070	0,0765	0,0430	0,0099	0,0049	0,0136	0,0075	0,0453
I16 MG7	0,5	0,0730	0,0108	0,0632	0,0301	0,0123	0,0063	0,0129	0,0067	0,0649
	12,5	0,0817	0,0097	0,0672	0,0353	0,0131	0,0074	0,0151	0,0062	0,0639
	50	0,0479	0,0100	0,0543	0,0287	0,0066	0,0051	0,0111	0,0017	0,0534
	70	0,0409	0,0080	0,0578	0,0302	0,0071	0,0043	0,0103	0,0068	0,0462
I16 MG9	0,5	0,0790	0,0076	0,0656	0,0351	0,0146	0,0068	0,0152	0,0058	0,0671
	12,5	0,0892	0,0079	0,0775	0,0451	0,0169	0,0085	0,0162	0,0047	0,0772
	50	0,0368	0,0066	0,0647	0,0352	0,0070	0,0040	0,0112	0,0059	0,0398
	70	0,0381	0,0073	0,0657	0,0365	0,0073	0,0055	0,0114	0,0050	0,0414
I16 MG10	0,5	0,0598	0,0098	0,0688	0,0331	0,0117	0,0054	0,0113	0,0062	0,0606
	12,5	0,0531	0,0108	0,0605	0,0311	0,0089	0,0062	0,0110	0,0074	0,0595
	50	0,0376	0,0098	0,0546	0,0268	0,0066	0,0048	0,0098	0,0054	0,0416
	70	0,0455	0,0088	0,0698	0,0371	0,0091	0,0040	0,0122	0,0057	0,0551
I16 MG12	0,5	0,0238	0,0071	0,0536	0,0254	0,0073	0,0059	0,0112	0,0055	0,0530
	12,5	0,0269	0,0061	0,0529	0,0271	0,0072	0,0053	0,0132	0,0092	0,0433
	50	0,0302	0,0060	0,0774	0,0408	0,0118	0,0053	0,0184	0,0034	0,0639
	70	0,0242	0,0075	0,0638	0,0332	0,0095	0,0045	0,0151	0,0063	0,0454
I16 MG13	0,5	0,0507	0,0080	0,0600	0,0348	0,0088	0,0053	0,0096	0,0013	0,0468
	12,5	0,0502	0,0075	0,0515	0,0296	0,0097	0,0047	0,0118	0,0032	0,0485
	50	0,0362	0,0073	0,0484	0,0262	0,0065	0,0027	0,0090	0,0047	0,0332
	70	0,0287	0,0078	0,0614	0,0348	0,0071	0,0050	0,0116	0,0042	0,0382

I rapporti dei singoli pigmenti rispetto alla somma totale dei diagnostici fornisce una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (Figura 60). La composizione pigmentaria risulta abbastanza differenziata, con nessun pigmento che supera il 33% del totale dei pigmenti diagnostici, e molto simile a tutte le profondità. Il pigmento Hex-Fuco (marker delle Prymnesiophyceae coccolitofori) presenta un contributo percentuale medio del 27,9%, con un minimo di 21,6% in I16 MG10 a 12,5 m, ed un massimo del 32,6% in I16 MG3 a 70 m, e una distribuzione omogenea nella colonna d'acqua. Anche la Chl *b* (indicatore delle Chlorophyta) ha una distribuzione omogenea rispetto alla profondità ed è in media il 23%, con valori minimi che raggiungono il 18,7% a 70 m in I16 MG6 ed il massimo 28,0% che si colloca a 12,5 m in I16 MG6. La Fuco (marker delle Diatomee) è presente con una leggera prevalenza negli strati superficiali, con un massimo di 27,2% in I16 MG7 12,5 m e minimo di 11,6% in I16 MG12 70 m. La But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori) è presente con una frazione percentuale in media del 14,6% con massimo 17,8% in I16 MG6 70 m e minimo 10,7% in I16 MG7 0,5 m. La Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) è in media il 5,1%, i suoi massimi raggiungono il 7,2% in I16 MG12 a 70 m; i minimi sono il 4,2% in I16 MG5 a 0,5 m. La Prasino (marker delle Prasinophyceae) rappresenta in media il 4,2%, con massimo di 5,1% e minimo del 3,0%. La Perid (marker dei Dinoflagellati) è presente con una percentuale media del 3,3%, massimo del 5,0% e minimo del 2,3%. La Allo (marker delle Cryptophyceae) in media è il 2,2%, al massimo arriva al 3,0% e minimo 1,1%. La DVA (marker del genere *Prochlorococcus*) è in media 1,9%, al massimo raggiunge 4,8%. La frazione picoplanctonica totale relativa ai cianobatteri, costituita dalla somma di Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) e DVA (marker del genere *Prochlorococcus*), risulta in media il 7,0% del totale dei pigmenti diagnostici e, tendenzialmente, aumenta dalla superficie verso le maggiori profondità. Dall'analisi delle variazioni dei rapporti e dalla rappresentazione della non emergono differenze evidenziate tra le diverse stazioni.

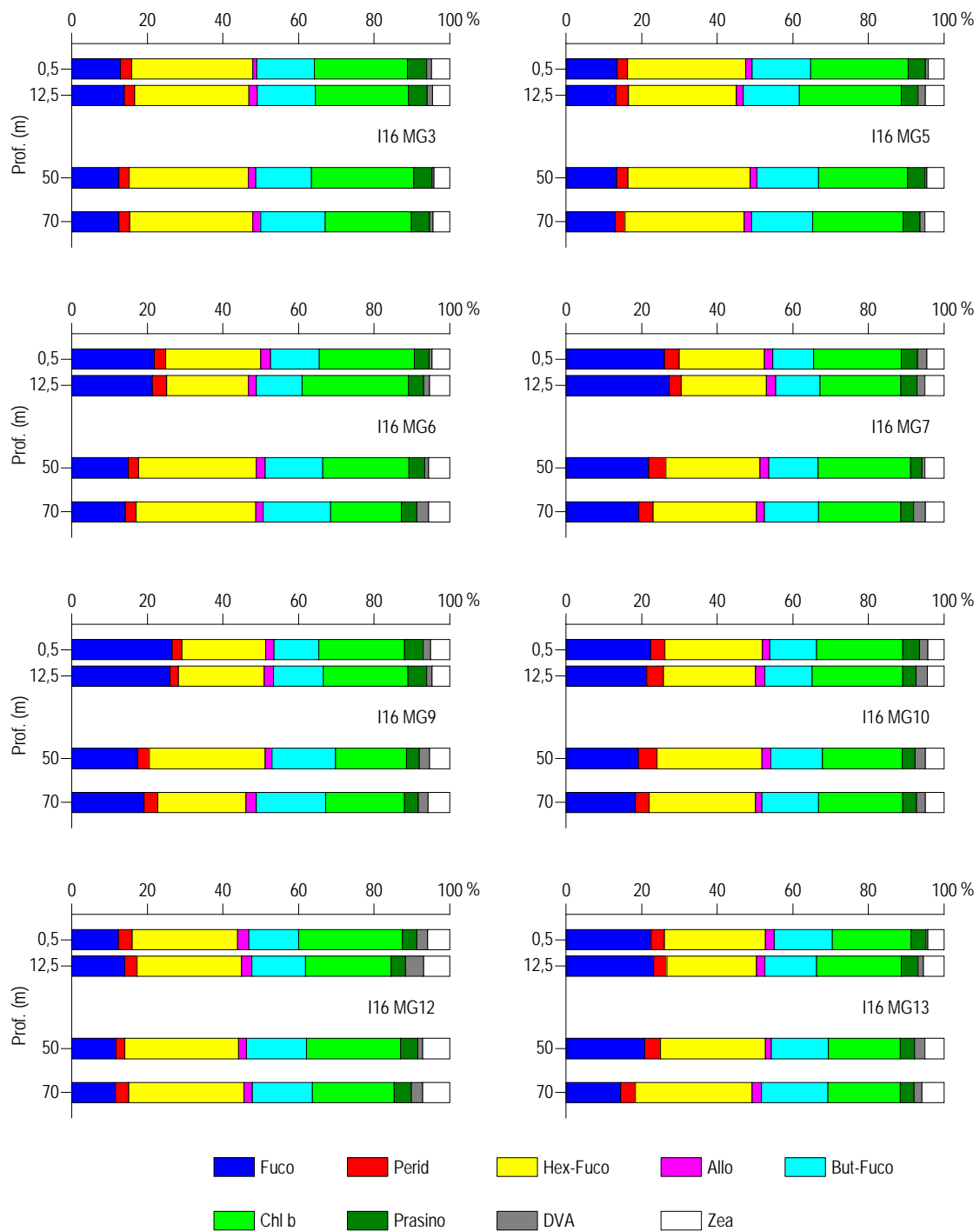


Figura 60 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl**b**+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei **tensioattivi** sia non ionici sia anionici (Tabella 47) risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica.

Tabella 47 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.

	I16 MG3				I16 MG5				I16 MG6				I16 MG7			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

	I16 MG9				I16 MG10				I16 MG12				I16 MG13			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 48**. Non sono stati rilevati in alcuna stazione.

Tabella 48 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

	I16 MG3				I16 MG5				I16 MG6				I16 MG7			
Profondità (m)	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodicloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dicloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Clorodibromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Aloacetoniitrili (µg/l)																
Dibromoacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Carbonio Tetracloruro	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dicloro Bromo Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibromo Cloro Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromo Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

	I16 MG9				I16 MG10				I16 MG12				I16 MG13			
Profondità (m)	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tabella 48 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.																
Acido Bromodicloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dicloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Clorodibromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Alcoacetoni (µg/l)																
Dibromoacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropirina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Carbonio Tetracloruro	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dicloro Bromo Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibromo Cloro Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromo Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alifenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Idrocarburi totali

Nella Tabella 49 sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli **idrocarburi totali**. Questi contaminanti sono risultati assenti.

Tabella 49 - Concentrazione degli idrocarburi totali (µg/l) presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.																
I16 MG3				I16 MG5				I16 MG6				I16 MG7				
0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	
< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	
I16 MG9				I16 MG10				I16 MG13				I16 MG12				
0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	
< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (Tabella 50) emerge la sostanziale assenza di contaminazione fecale. Poche colonie di coliformi fecali sono state rilevate unicamente in I16 MG6 e I16 MG10.

Tabella 50 Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.								
	I16 MG3	I16 MG5	I16 MG6	I16 MG7	I16 MG9	I16 MG10	I16 MG13	I16 MG12
Coliformi fecali	-	-	5	-	-	10	-	-
Streptococchi fecali (enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi totali	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3 Plancton

4.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche (Tabella 51) variano tra circa 30 cell/ml (I16 MG13 50 m) e 74 cell/ml, massimi superficiali osservati nelle stazioni I16 MG6 e I16 MG7, con una media di circa 56 cell/ml ($\pm 11,7$), valore inferiore a quello valutato nella campagna A15. I massimi sono infatti tutti a 0,5 e 12,5 m e le densità diminuiscono lungo il profilo verticale fino ai minimi a 50 e 70 m (Figura 61) mostrando una situazione sostanzialmente omogenea tra tutte le stazioni.

La classe presente con le maggiori abbondanze è quella delle diatomee che arriva oltre 40 cell/ml (I16 MG6, I16 MG7) a 0,5 e 12,5 m, mentre è nettamente meno abbondante nello strato 50 e 70 m. I dinoflagellati sono la classe meno abbondante, i coccolitofori variano tra circa 5 e 13 cell/ml e, complessivamente, le classi di nanoflagellati raggruppate in "Altro plancton" (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori più i flagellati non identificati) raggiungono densità maggiori (Tabella 25) che rappresentano non meno del 25% del totale fino a essere gruppo dominante (Figura 62).

La presenza di queste classi è evidenziata anche dalla diversità pigmentaria (Figura 60) che conferma la notevole

differenziazione delle comunità fitoplanctoniche.

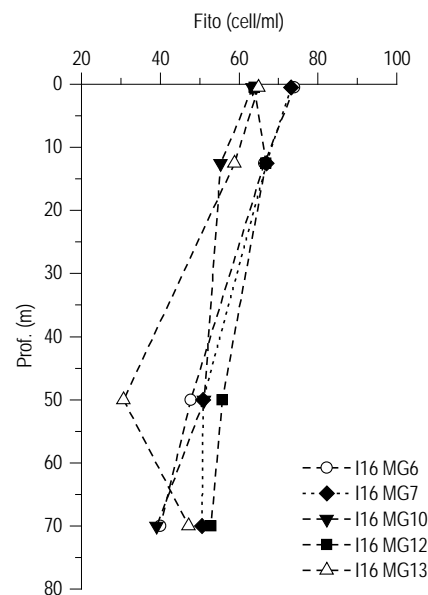


Figura 61 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L⁻¹ 10³) nelle diverse stazioni.

Tabella 51 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ³)						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
I16 MG6	0,5	42,98	1,32	7,27	22,48	74,06
	12,5	41,90	0,94	5,37	18,26	66,47
	50	19,09	1,40	9,31	17,97	47,77
	70	12,65	1,63	7,76	18,01	40,05
I16 MG7	0,5	48,68	1,41	6,28	16,85	73,21
	12,5	42,85	1,12	5,85	17,10	66,92
	50	21,87	2,14	4,85	21,98	50,83
	70	18,59	2,11	7,57	22,32	50,59
I16 MG10	0,5	38,58	1,00	6,69	17,17	63,44
	12,5	32,04	0,98	6,12	16,18	55,33
	50	24,14	1,99	6,48	18,50	51,11
	70	16,76	2,25	7,76	12,26	39,03
I16 MG12	0,5	17,87	1,36	10,87	33,75	63,85
	12,5	22,20	2,07	12,79	29,73	66,80
	50	15,01	2,13	11,77	26,87	55,78
	70	15,06	2,24	9,26	26,38	52,94
I16 MG13	0,5	36,27	1,32	7,34	20,07	65,00
	12,5	40,48	0,44	5,92	11,96	58,80
	50	18,83	0,92	0,09	10,89	30,74
	70	13,19	2,52	8,93	22,60	47,25

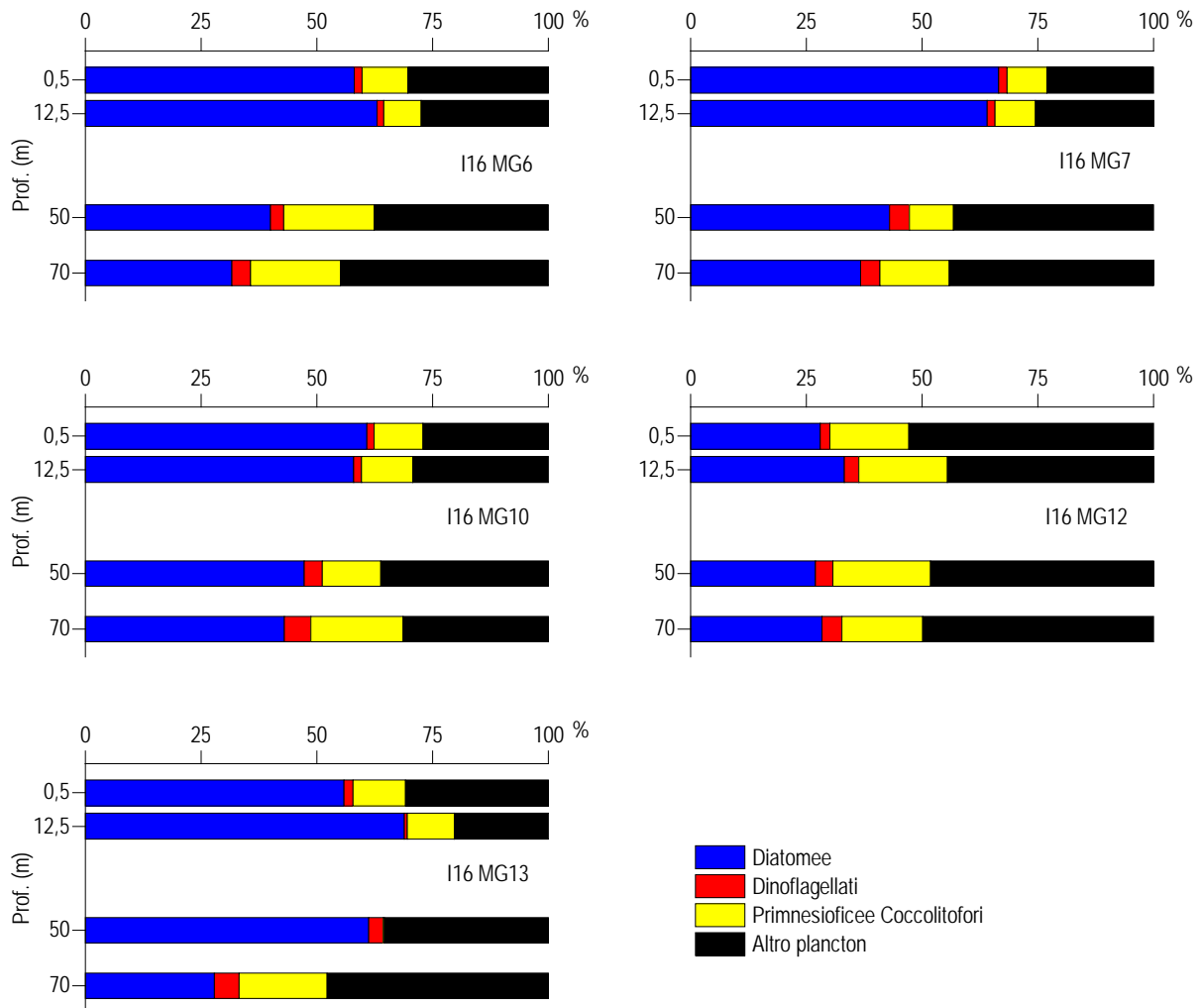


Figura 62- Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

La dominanza delle diatomee, fino a oltre il 65% del totale (Figura 62), è determinata soprattutto da *Cylindrotheca closterium*, *Plagiotropis* sp., e una piccola forma di diatomea pennata non identificabile con certezza (Diatomea pennata n.i. (forma p)), tutte diatomee Pennales che dominano nettamente le forme di Centrales (in media rispettivamente 98,5% e 1,54%). I coccolitofori sono presenti mediamente con 7,4 cell/ml, rappresentando circa il 13% del totale, contributo sostanzialmente determinato da *Emiliania huxleyi*.

L'Altro plancton è dominato da Cryptophyceae (*Plagioselmis* cfr. *prolonga* e Cryptophyceae n.i.), mai inferiori al 30% del raggruppamento, seguite da una forma individuata come *Phaeocystis* sp. (Prymnesiophyceae non coccolitofori) e, particolarmente in questa campagna, da una evidente presenza di *Dictyocha fibula* (Dictyochophyceae) con il suo contenuto cellulare, raramente visibile. Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 99 taxa (Tabella 52) di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 53, più la categoria dei flagellati n.i., che comprende varie morfologie generalmente inferiori a 10 µm e quindi di problematica identificazione. La maggior parte dei taxa individuati appartiene alle diatomee, con 34 specie e 10 forme individuate solo a livello di genere, mentre gli altri gruppi presentano una minore ricchezza specifica.

La diversità specifica (Shannon) varia tra 3,14 e 3,87 bit/cell, valori non fra i più alti a causa della dominanza delle specie sopra citate e del numero di taxa non molto elevato di ogni campione, determinando così valori di equitabilità (Pielou) che arrivano al massimo a 0,78.

Tabella 52 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni (da bottiglia) osservati.				
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*	
Diatomee	34	10	5	
Dinoflagellati	15	4	4	
Prymnesiophyceae coccolitofori	11		2	
Cryptophyceae	1		1	
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4			
Prasinophyceae	1	1		
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1		
Altro	4	1		
	Totale	70	17	12

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici

Tabella 53 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche		
DIATOMEE		
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Paralia</i> sp.
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840	<i>Pleurosigma</i> spp.
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Dactylosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856
<i>Dactylosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Surirella</i> sp.
Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Navicula</i> cf. <i>transitans</i> Heimdal 1970	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassiosira</i> spp.
Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Tryblionella</i> cf. <i>punctata</i> W Smith 1853
Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch 1860	
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884	
DINOFLAGELLATI		
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium</i> spp.	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Amphidinium</i> cf. <i>flagellans</i> Schiller	<i>Heterocapsa</i> $< 10 \mu\text{m}$ = <i>Heterocapsa</i> spp.	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Protoperidinium</i> spp.
<i>Amphidoma caudata</i> = <i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Scrippsiella</i> spp.
Dinoflagellati tecati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
Dinoflagellati tecati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Tripos ranipes</i> (Cleve) Gómez 2013
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Calcosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902	
Coccolitofori $\leq 15 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCHOPHYCEAE		
<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) Campbell 1973	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839		
PRASINOPHYCEAE		
<i>Pseudoscurfieldia marina</i> (Thronsdén) Manton 1975	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.		
ALTRO		
Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$	<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Commatium cryoporum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitorplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni I16 MG6, I16 MG7, I16 MG10, I16 MG12 e I16 MG13.

Sono stati individuati 122 taxa, di cui 103 identificati a livello di specie, 15 taxa a livello di genere e 4 categorie soprageneriche (Tabella 54).

Considerando il numero di taxa per ogni classe nell'insieme di tutte le stazioni, 65 appartengono alle diatomee, 42 alle dinofitofite, 8 ai coccolitofori, mentre per la componente "altro plancton" sono stati identificati 3 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 1 taxon alle Euglenoideae, 1 taxon appartenente alla classe Chlorophyceae e due taxa appartenenti alla categoria Altro. Non sono state individuati, invece, taxa appartenenti alle Crysochyceae. (Tabella 54). La numerosità dei taxa in ogni stazione va da 41 nella stazione I16 MG6 a 85 in I16 MG10.

Dall'osservazione non è emersa un'evidente differenza nelle abbondanze relative dei taxa, principalmente appartenenti alla classe delle Diatomee, in tutte le stazioni. Nella stazione I16 MG10 si è evidenziato un numero di taxa appartenenti ai dinoflagellati nettamente superiore rispetto a quella delle altre stazioni (30 taxa in I16 MG10 rispetto ai 13 di I16 MG6, ai 16 di I16 MG7 ed ai 9 di I16 MG12 ed I16 MG13). La frazione meno rappresentata è quella dal raggruppamento "altro plancton" che presenta il minor numero di taxa. Ad un confronto con la lista dei taxa individuati dalle analisi da retino, vediamo che il numero di taxa appartenenti alle classi Diatomee, Dinoflagellati, Prymnesiophyceae coccolitofori ed alla categoria Altro è superiore rispetto a quello dei taxa presenti nella lista ottenuta dalle analisi quantitative dei campioni da bottiglia. La lista delle specie è riportata in Tabella 55.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	51	12	2
Dinoflagellati	37	3	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	8		
Dictyochophyceae	3		
Chrysophyceae			
Euglenoideae	1		
Chlorophyceae	1		
Altro	1		1
Totale	102	15	5

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici

Tabella 55 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I16 MG6, I16 MG7, I16 MG10, I16 MG12 e I16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844		x				Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864			x	x		<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros cf. decipiens</i> Cleve 1873				x		<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854				x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889		x	x	x	x	<i>Diploneis fusca</i> (Gregory) Cleve 1894		x		x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889			x			<i>Diploneis</i> spp.			x		
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873				x		<i>Entomoneis</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863			x	x		<i>Grammatophora</i> spp.	x	x			
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x				x	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974			x		x
<i>Chaetoceros</i> spp.					x	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867					x
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913		x				<i>Lyrella clavata</i> (Gregory) Mann 1990		x	x		
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856			x			<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861	x	x	x	x	
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg 1844				x		<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861				x	x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905			x	x		<i>Naviculaceae</i> spp.					x
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840	x					<i>Nitzschia</i> (sez. sigmatae) sp.		x	x		
<i>Coscinodiscus</i> spp.				x	x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996			x			<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	x	x	x		x
<i>Dactyliosolen</i> sp.				x		<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith 1853			x		
Diatomee centriche > 20 µm		x	x			<i>Nitzschia</i> spp.		x			
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996		x	x	x	x	<i>Plagiotropis</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882			x			<i>Pleurosigma directum</i> Grunow 1880			x		
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x		x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861		x	x	x	x
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839		x	x			<i>Pleurosigma</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997				x	x	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (W.Gregory) D.G.Mann, 1990					x
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884		x		x		<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (Takano) Takano 1995	x	x	x		
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986			x			<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x		x
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986			x			<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843	x	x	x	x	x
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856		x	x	x	x	<i>Tabularia gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995	x	x	x	x	
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran, 1908					x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Thalassiosira</i> spp.		x	x	x	x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894		x	x	x	x	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880			x		
<i>Amphora</i> spp.			x			<i>Tryblionella cf. granulata</i> (Grunow) D.G.Mann, 1990					x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990		x	x	x	x	<i>Tryblionella punctata</i> Smith 1853	x			x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964		x	x	x	x						
DINOFLAGELLATI											
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844		x	x			<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x
<i>Cochlodinium</i> sp.		x		x		<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x

<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x			<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992		x	x		<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883				x
<i>Gyrodinium</i> spp.				x	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885				x
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960				x	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller	x	x		
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat	x	x	x	x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>buceros</i> (Zacharias) Sournia 1966				x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937		x		
<i>Ceratium symmetricum</i> Pavillard, 1905				x	<i>Parahistioneis paraformis</i> Kofoid & Skogsberg 1928				x
<i>Ceratocorys goureffi</i> Paulsen 1931				x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x		x	
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883				x	<i>Podolampas elegans</i> Schütt 1895				x
<i>Dinophysis infundibula</i> J.Schiller 1928				x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883				x
<i>Dinophysis</i> sp.				x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912		x		
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899				x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970				x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883				x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x		x	
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866				x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895		x		x
<i>Histioneis detonii</i> Rampi 1947				x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x	x		x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974		x	x	
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974		x		
<i>Neoceratium falcatum</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	<i>Pyrocystis lunula</i> (J.Schütt) J.Schütt 1896				x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x		x	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI									
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984				x	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kämpfner 1954	x	x	x	x
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902				x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kämpfner) Gaarder 1977				x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902		x	x	x
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld, 1900				x	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970	x	x	x	x
DICTYOCOPHYCEAE									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946		x	x	
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839				x					
EUGLENOIDEA									
<i>Eutreptiella gymnastica</i> Thronsen 1969				x					
CHLOROPHYCEAE									
<i>Monoactinus simplex</i> (Meyen) Corda 1839				x					
CYANOBACTERI									
Cianobatteri filamentosi n.i.		x		x					
INCERTAE SEDIS									
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899	x	x	x	x					

4.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

La comunità oloplanctonica investigata nell'inverno 2016 (I16) è dominata dalla frazione a Copepodi planctonici, così come registrato in tutte le campagne fin ad oggi analizzate.

Dall'analisi dei dati quali-quantitativi (ind./m³) emerge che la componente a Copepodi è prevalentemente concentrata nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e - 50 m. Nei campioni verticali riguardanti la prima porzione della colonna (0 - 50 m) si registra un valore medio pari a 2359,58 ind./m³; il valore massimo (2689,20 ind./m³) è stato registrato nella stazione I16 MG7, quello minimo (1668,89 ind./m³) nella stazione I16 MG10. Nella porzione più profonda della colonna d'acqua si osserva un valore medio sensibilmente inferiore pari a 771,83 ind./m³ (max = 2239,48 ind./m³ I16 MG16; min = 157,68 ind./m³ I16 MG10). Si sottolinea che, contrariamente a quanto osservato nella porzione 0 - 50 m, l'abbondanza dei Copepodi nello strato profondo esibisce notevoli variazioni da stazione a stazione.

I valori minimi di abbondanza sono stati registrati nella porzione della colonna prossima alla superficie (0 - 5 m), investigata mediante campionamenti orizzontali, dove è stata determinata una media pari a 487,06 ind./m³ (max = 1186,44 ind./m³ I16 MG10; min = 210,48 I16 MG7). I dati ottenuti consentono di rilevare che la distribuzione verticale oloplanctonica rispecchia quanto osservato durante la campagna invernale del 2014. Al contrario durante la campagna I15 i Copepodi erano maggiormente concentrati nella porzione compresa tra 0 e 5 m di profondità (retinate orizzontali) ad indicare che la distribuzione spaziale di questo gruppo varia nel tempo.

I dati suggeriscono anche che nella stazione I16 MG10, situata a 2000 m dal terminale, la comunità a Copepodi è prevalentemente concentrata nei campionamenti orizzontali.

Nel complesso sono stati identificati 94 taxa di Copepodi (Tabella 56) appartenenti a 25 differenti famiglie.

La famiglia più numerosa, come registrato in tutte le precedenti campagne invernali, è quella dei Calanoidi Clausocalanidi, presente con 9 taxa, tutti appartenenti al genere *Clausocalanus*. Le specie dominanti sono principalmente: *Clausocalanus paululus* (superficiale: 137,65 ind./m³; 0 - 50 m: 582,29 ind./m³; 132,88 ind./m³) e *Clausocalanus pargens* (superficiale: 65,44 ind./m³; 0 - 50 m: 177,29 ind./m³; 68,25 ind./m³). Entrambe le specie esibiscono la medesima distribuzione lungo il gradiente verticale essendo, entrambe, principalmente concentrate nella porzione centrale della colonna. La distribuzione di queste specie risulta differente rispetto alla precedente campagna invernale: esse tendono a spostarsi verso strati più profondi, contribuendo significativamente al complessivo spostamento dell'intera comunità a Copepodi.

Seconda per abbondanza è la famiglia Oithonidae, rappresentata complessivamente da 8 specie appartenenti al genere *Oithona*. *Oithona decipiens* (superficiale: 73,85 ind./m³; 0 - 50 m: 141,41 ind./m³; 79,27 ind./m³), specie pelagica occasionalmente presente in acque

costiere, campionata più frequentemente in tardo inverno-primavera, è la specie più abbondante. Segue per abbondanza *Oithona nana* (superficiale: 34,34 ind./m³; 0 – 50 m: 123,99 ind./m³; 58,36 ind./m³). Entrambe le specie hanno distribuzione verticale sovrapponibile ai Clausocalanidi, con abbondanza costante nei primi metri della colonna d'acqua e nella sua porzione più profonda, concentrandosi nelle peschate verticali tra 0 e - 50 m.

Fra le specie costantemente campionate lungo tutto l'arco dell'anno, il centropagide *Centropages typicus* raggiunge abbondanze considerevoli. Si tratta di una specie neritica, anch'essa principalmente concentrata nella porzione compresa tra la superficie e - 50 m (superficiale: 27,73 ind./m³; 0 – 50 m: 33,53 ind./m³; 13,21 ind./m³). È confermata rispetto al precedente inverno, se pur con bassi valori ind./m³, la costante presenza di *Isias clavipes*.

All'interno della componente iponeustonica, è regolare la presenza invernale dei Pontellidae *Labidocera wollastoni* e *Anomalocera patersoni*. Quest'ultima, in grado di compiere salti fuori dall'acqua, esibisce raramente valori di abbondanza superiori a 1 ind./m³.

È invece da sottolineare la comparsa di sporadici esemplari del Parapontellidae *Parapontella brevicornis*, specie neritica campionata per la prima volta nell'area di indagine.

Nella famiglia Calocalanidae le specie maggiormente rappresentate sono *Paracalanus nanus* (superficiale: 0,13 ind./m³; 0 – 50 m: 70,97 ind./m³; 35,01 ind./m³) e *Paracalanus parvus* (superficiale: 1,43 ind./m³; 0 – 50 m: 26,51 ind./m³; 3,95 ind./m³). Entrambi sono praticamente assenti nei primi metri della colonna d'acqua.

Infine la famiglia Augaptilidae appare maggiormente biodiversificata rispetto alle precedenti campagne. E' rappresentata da 5 taxa, tra i quali si segnala per la prima volta la presenza di un individuo di *Haloptilus validus*, specie descritta in letteratura come batipelagica, abbondante al di sotto di 500 m di profondità. All'interno della famiglia la specie più comune è *Haloptilus longicornis*, unica a essere campionata in tutte e tre le fasce di profondità investigate.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati esclusivamente dalle famiglie Clytemnestridae, Miracidae e Euterpinidae, con abbondanze modeste.

Nella **Tabella 57** sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna invernale 2016.

Tabella 56 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Euchaeta marina</i>		*	*	<i>Corycaeus glesbrechti</i>	*	*	*
<i>Acartia danae</i>	*	*	*	<i>Paraeuchaeta hebes</i>			*	<i>Corycaeus limbatus</i>		*	*
<i>Acartia longiremis</i>	*			Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*		<i>Heterorhabdus papilliger</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> sp	*	*	*	Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus</i> spp	*	*	*
Famiglia Aetidaidae				<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Euchirella rostrata</i>		*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
Famiglia Augaptilidae				<i>Mecynocera clausi</i>	*		*	<i>Oithona longispina</i>		*	*
<i>Augaptilus longicaudatus</i>	*			Famiglia Metridinidae				<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Haloptilus longicornis</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Haloptilus mucronatus</i>			*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Haloptilus oxycephalus</i>		*	*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona similis</i>		*	*
<i>Haloptilus validus</i>			*	<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*		<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	Famiglia Oncaidae			
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>		*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus</i> sp	*	*	*	<i>Oncaea scottodicaloi</i>	*	*	*
<i>Candacia armata</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*			<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>		*	*	<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Triconia spinifera</i>		**	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	Famiglia Parapontellidae				Famiglia Sapphirinidae			
<i>Candacia</i> juv		*	*	<i>Parapontella brevicornis</i>	*			<i>Sapphirina iris</i>	*		
Famiglia Centropagidae				Famiglia Pontellidae				<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*		
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Anomalocera patersoni</i>	*			<i>Sapphirina vorax</i>	*		
<i>Centropages violaceus</i>	*			<i>Labidocera wollastoni</i>	*			Famiglia Clytemnestridae			
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	**			<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontella</i> juv	*			<i>Clytemnestra scutellata</i>	*		
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			Famiglia Miracidae			
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Distiocolus minor</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae				Famiglia Euterpinidae			
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scaphocalanus invalidus</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella abyssalis</i>			*				
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>	*	*					

Tabella 56 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella</i> sp	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae	
<i>Clausocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	* * *
Famiglia Eucalanidae				Famiglia Corycaeidae	
<i>Eucalanus elongatus</i>	*			<i>Corycaeus brehmi</i>	* * *
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*			<i>Corycaeus flaccus</i>	* * *
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus furcifer</i>	* * *

Tabella 57 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml).
 OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri;
 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.

(ml)	I16 MG6	I16 MG7	I16 MG10	I16 MG12	I16 MG13
OR	45	46	26	38	55
50-0	5	5	3,5	5,5	6
100-50	5,5	1,5	1	2,5	3

Meroplancton

La componente meroplanctonica dello zooplancton è rappresentata dalle fasi larvali dei principali gruppi sistematici di animali bentonici.

Nella campagna I16, (Tabella 58), sono stati determinati complessivamente 50 *taxa* meroplanctonici.

Il 56% (= 28 *taxa*) è rappresentato da crostacei decapodi, qualitativamente la componente dominante il campione meroplanctonico invernale. Risultati analoghi erano già stati ottenuti nella campagna I14 durante la quale era stato campionato lo stesso numero di *taxa* con una percentuale pari al 55% del popolamento zooplanctonico complessivo. Rispetto all'I15 si assiste invece alla riduzione del numero di *taxa* (28 vs 55) e del loro contributo percentuale (56% vs 74,5%).

Il secondo gruppo più rappresentato è quello degli echinodermi con 10 *taxa* (40%), seguito dai policheti (5 *taxa* = 10%).

Inoltre in questo survey invernale (I16) spicca la presenza di larve di alcuni gruppi di invertebrati meno abbondanti come la larva Pilidium dei nemertini, la Tornaria degli entropneusti (Emicordata) e la larva Actinotroca dei foronidei (lofoforati vermiformi).

Le larve di crostacei decapodi sono prevalentemente concentrate nelle stazioni superficiali; l'89,2% delle specie identificate è stato raccolto durante i campionamenti orizzontali. Tra queste 7 specie sono presenti esclusivamente nei campioni di superficie e 3 sono frutto dell'osservazione *in toto* del campione; *Monadaeus couchii* è presente unicamente nel campione superficiale. Le stazioni intermedie e quelle profonde assommano rispettivamente il 42,8% e il 53,5% dei crostacei decapodi totali, sebbene la presenza in queste due fasce sia maggiormente rappresentata da individui singoli, identificati solo attraverso l'osservazione *in toto* del campione zooplanctonico.

Dal punto di vista ecologico è quindi ampiamente confermata la caratteristica distribuzione verticale dei crostacei decapodi che prediligono i primi metri della colonna d'acqua. Per alcune specie la distribuzione è addirittura limitata ai primi centimetri, tanto da considerarle prevalentemente neustoniche durante la fase notturna.

La specie larvale dominante della campagna invernale 2016, tra i crostacei decapodi, è l'anomuro Paguridae *Anapagurus breviaculeatus* seguita dalla congenerica *Anapagurus chiroacanthus*. Entrambe le specie sono state rinvenute abbondanti in 2 delle cinque stazioni (I16 MG6 e I16 MG13) e sempre nei retinaggi orizzontali con picchi di abbondanza rispettivamente di 0,3 ind./m³ e 0,22 ind./m³ nella stazione I16 MG6.

La presenza delle due specie è del tutto compatibile con i cicli riproduttivi che secondo la letteratura sono caratterizzati da due picchi demografici di femmine ovigere nel periodo invernale febbraio-marzo e in quello estivo luglio-agosto.

Tra le altre specie abbondanti è presente il brachiuro *Primela denticulata* (maggiore abbondanza nella stazione I16 MG13 con 0,12 ind./m³) rinvenuto prevalentemente durante i campionamenti orizzontali.

Nella fascia profonda, quella compresa tra - 50 e - 100 m le specie presenti con concentrazioni maggiori sono *Goneplax rhomboides* e *Processa edulis edulis*. Per entrambe le specie si registrano le abbondanze più elevate nella stazione I16 MG6 (0,81 ind./m³).

Da segnalare infine la presenza della larva dell'Astacideo *Homarus gammarus* (astice) in quattro delle cinque stazioni (a eccezione della I16 MG6). Si tratta della prima segnalazione per questa specie dall'inizio del monitoraggio.

La presenza di questa specie, unitamente alle larve di *Galathea squamifera*, *Geryon longipes* e *Anapagurus chiroacanthus*, anch'esse segnalate per la prima volta, arricchisce la *check list* che al termine della campagna invernale del 2016 conta complessivamente 102 *taxa* di crostacei decapodi.

L'altro gruppo meroplanctonico maggiormente rappresentato nel campione invernale è quello degli echinodermi che complessivamente include 10 *taxa*, tra i quali le larve degli echinoidi irregolari *Brissopsis lyrifera*, *Spatangus purpureus*, dell'echinoide regolare appartenente al genere *Echinus*.

Gli ofiuroidi *Ophiotrix fragilis* e *Ophiura ophiura* sono presenti in tutti i campioni, sia orizzontali sia verticali e in tutte e tre le fasce di profondità investigate.

Il 45,6% degli Echinodermi è stato ritrovato nella fascia superficiale, il 36,9% in quella intermedia e solo il 17,4% nelle fasce più profonde.

La specie dominante è *Brissopsis lyrifera* che rappresenta il 34,8% dell'abbondanza totale, prediligendo la fascia intermedia nella quale raggiunge la massima abbondanza, pari al 47,1% del campione.

Questa specie è anche la più abbondante nei retinaggi orizzontali dove rappresenta il 32,7% del campione. Nel settore profondo della colonna d'acqua è invece dominante *Spatangus purpureus* con il 40,4% del totale degli individui campionati. Infine tra i policheti risulta largamente dominante la famiglia Spionidae che include il 57,1% del totale dei policheti identificati.

Questa famiglia di policheti, così come verificatosi anche per altre famiglie, predilige la porzione più profonda della colonna d'acqua. Il 37,1% degli individui attribuibili a questa famiglia è stata infatti campionata con retinaggi verticali condotti tra la batimetrica dei 100 m e quella dei 50 m.

In questa fascia batimetrica è stata osservata la presenza di larve trocofore per le quali, allo stadio di sviluppo osservato, non è stato possibile procedere all'identificazione tassonomica. In particolare queste fasi larvali precoci di policheti sono state raccolte nelle fasce profonde nelle quali, di fatto, si concentra il 61,4% di tutti i policheti raccolti nel survey I16.

Tabella 58 – Meroplankton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Ebalia tuberosa</i>	*		**	ECHINODERMATA			
Actinula larvae ind		**	**	<i>Eurynome aspera</i>	*		*	<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
Efira ind		*		<i>Eusergestes arcticus</i>	*	**		<i>Echinus</i> sp	*	*	*
MOLLUSCA				<i>Galathea intermedia</i>	*		**	<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Galathea squamifera</i>	*		**	<i>Ophiura ophiura</i>	*	*	*
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Gennadas elegans</i>	*	**		<i>Ophiura</i> sp		*	
POLYCHAETA				<i>Geryon longipes</i>	*			<i>Psammechinus</i> sp	*		
<i>Myriochele oculata</i>			**	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	<i>Spatangus purpureus</i>	*	*	*
Polynoidae ind	*	**		<i>Herbstia conciliata</i>				<i>Sphaerechinus</i> sp			*
Spionidae ind	*	*	*	<i>Homarus gammarus</i>	*			Auricularia larvae ind.		**	**
Syllidae ind			**	<i>Liocarcinus</i> sp	*			Bipinnaria larvae ind	*	*	*
Trocofora ind	*	*	*	<i>Lysmata seticaudata</i>	*			FORONIDEA			
NEMERTEA				<i>Maja</i> sp	*			Actinotroca larvae ind		**	**
Pilidium larvae ind		**		<i>Monodaeus couchii</i>	**			ENTEROPNEUSTA			
CRUSTACEA				<i>Pagurus cuanensis</i>	*	**	**	Tornaria larvae ind			**
Decapoda				<i>Philocheas bispinosus</i>	*	*	**				
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Pilumnus hirtellus</i>	*		**				
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*					
<i>Anapagurus chiroacanthus</i>	*			<i>Plesionika</i> sp			**				
<i>Athanas nitescens</i>			**	<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*				
<i>Atelecyclus rotundatus</i>	**	**		<i>Processa</i> sp	**	*	**				
<i>Ebalia nux</i>	*			<i>Sergia robusta</i>	*	**	**				

Ittioplancton

Nell'inverno 2016 sono stati raccolti 9 *taxa* appartenenti alle fasi larvali dell'ittiofauna (Tabella 59).

Il 64,1% è stato raccolto nelle peschate orizzontali, il 23% in quelle intermedie e solo il 12% nelle peschate profonde. La specie dominante è il Clupeidae *Sardina pilchardus* (sardina) che rappresenta il 46,1% dell'abbondanza totale.

Questa species vive occupa prevalentemente la fascia superficiale.

Il 52% degli esemplari è stato, infatti, raccolto nella fascia immediatamente al di sotto del livello del mare. La presenza della specie è in accordo con la letteratura secondo la quale per il Mediterraneo settentrionale, nel periodo compreso tra dicembre e febbraio si colloca il periodo riproduttivo e la presenza di uova e larve nei primi stadi di accrescimento.

Il 35,8% di larve raccolte è caratterizzato da ridottissime dimensioni e/o rappresenta fasi precoci di sviluppo che non consente la determinazione tassonomica.

Tabella 59 - Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
BELONIDAE				Gadidae ind	**			Larvae ind	*	*	*
<i>Belone belone</i>	*			MUGILIDAE				Uova <i>Maurolicus muelleri</i>		**	**
CARAPIDAE				<i>Mugil cephalus</i>	*			Uova ind	*	*	*
<i>Carapus acus</i>			*	SPARIDAE							
CLUPEIDAE				<i>Sparidae</i> ind	**	**					
<i>Sardina pilchardus</i>	*	*	*	TRIGLIDAE							
GADIDAE				<i>Lepidotrigla cavillone</i>	*						
<i>Phycis phycis</i>	*										

4.1.4 Saggi eco tossicologici

Nella **Tabella 60** sono riportati i parametri registrati nei campioni d'acqua testati.

Tabella 60 - Parametri registrati nei campioni d'acqua testati (inverno 2016).

Stazione	prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)	Stazione	prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
Controllo		37	8,18	7,50					
I16 MG3	0,5	37	8,00	7,80	I16 MG9	0,5	37	8,12	7,52
	12,5	37	8,09	7,51		12,5	37	8,14	7,38
	50	37	8,10	7,35		50	37	8,15	7,43
I16 MG5	0,5	37	8,13	7,51	I16 MG10	0,5	37	8,16	7,61
	12,5	37	8,13	7,50		12,5	37	8,14	7,34
	50	37	8,13	7,48		50	37	8,14	7,52
I16 MG6	0,5	37	8,13	7,32	I16 MG12	0,5	37	8,11	7,36
	12,5	37	8,13	7,43		12,5	37	8,16	7,47
	50	37	8,13	7,61		50	37	8,14	7,31
I16 MG7	0,5	37	8,14	7,37	I16 MG13	0,5	37	8,12	7,56
	12,5	37	8,15	7,45		12,5	37	8,15	7,48
	50	37	8,13	7,29		50	37	8,14	7,39

Vibrio fischeri

Nella **Tabella 61** sono riportati i risultati relativi al test di inibizione della bioluminescenza batterica di *V. fischeri*.

Tabella 61 - Risultati del test con il *V. fischeri* eseguito su campioni di acqua (incubazione 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20, EC50, effetto 15', effetto 30', espressi in %.

Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità
I16 MG3	0,5	≥90	>90	-3,65	-2,66	assente	I16 MG9	0,5	≥90	>90	-5,32	-3,17	assente
	12,5	≥90	>90	1,88	-1,04			12,5	≥90	>90	-7,43	-4,50	
	50	≥90	>90	-6,98	-6,07			50	≥90	>90	-9,52	-7,39	
I16 MG5	0,5	≥90	>90	-3,46	-1,62		I16 MG10	0,5	≥90	>90	-7,77	-5,31	
	12,5	≥90	>90	1,28	-2,10			12,5	≥90	>90	-8,78	-6,11	
	50	≥90	>90	-1,35	-2,21			50	≥90	>90	-5,88	-0,43	
I16 MG6	0,5	≥90	>90	-3,05	-3,73		I16 MG 12	0,5	≥90	>90	-10,46	-10,63	
	12,5	≥90	>90	-1,44	0,96			12,5	≥90	>90	0,64	1,03	
	50	≥90	>90	-1,73	-2,70			50	≥90	>90	4,58	6,03	
I16 MG7	0,5	≥90	>90	-9,87	-8,25		I16 MG 13	0,5	≥90	>90	-3,17	-3,80	
	12,5	≥90	>90	-8,02	-6,08			12,5	≥90	>90	12,91	12,71	
	50	≥90	>90	-8,89	-4,50			50	≥90	>90	-2,39	-3,06	

Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. SZBC265AV (scadenza 09/16). Il valore della EC50(15') = 10,20mg/l (LC= 6,86 mg/l e UC=15,15 mg/l) effettuato con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. L'assenza di inibizione della bioluminescenza non consente di determinare né una EC20 né una EC50 evidenziando assenza di tossicità in tutti i campioni di acqua testati.

Phaeodactylum tricornutum

Nella **Tabella 62** sono riportati i risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricornutum*. I risultati sono espressi come media + DS del numero di cellule (n. di repliche/campione=3) e come EC20 e EC50 espressi in percentuale. In tabella è anche riportata la media + DS del numero di cellule del controllo negativo rappresentato da acqua di mare naturale.

Il test con il tossico di riferimento (bicromato di potassio) ha fornito un valore di EC50 pari a 11,03 mg/l (L.C. 95%: 10,74-11,38) che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio. Il test è stato ritenuto valido in quanto la crescita algale nei controlli negativi, rispetto all'inoculo iniziale, ha superato il fattore 16, come indicato nelle linee guida.

L'assenza dell'inibizione della crescita algale rispetto ai propri controlli negativi e i valori dell'EC20 e dell'EC50 che risultano, rispettivamente, maggiori del 90% del 100%, evidenziano assenza di tossicità in tutti i campioni di acqua testati.

Tabella 62 - Risultati del test con *P. tricornutum* effettuato sui campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità.

Campione	Prof. (m)	EC20/50 %	Media N. cell.+DS x 10 ⁵ /ml	Tossicità	Campione	Prof. (m)	EC20/50 %	Media N. cell.+DS x 10 ⁵ /ml	Tossicità
Controllo			9,56 + 0,47						
I16 MG3	0,5	≥90/>100	7,66 + 0,47	assente	I16 MG9	0,5	≥90/>100	7,97 + 1,53	assente
	12,5	≥90/>100	9,29 + 0,36			12,5	≥90/>100	9,79 + 0,34	
	50	≥90/>100	8,11 + 0,61			50	≥90/>100	8,32 + 0,77	
I16 MG5	0,5	≥90/>100	7,69 + 0,78		I16 MG10	0,5	≥90/>100	8,00 + 0,58	
	12,5	≥90/>100	8,24 + 0,74			12,5	≥90/>100	9,24 + 0,37	
	50	≥90/>100	9,40 + 0,07			50	≥90/>100	9,44 + 0,27	
I16 MG6	0,5	≥90/>100	9,22 + 1,46		I16 MG12	0,5	≥90/>100	9,60 + 0,71	
	12,5	≥90/>100	9,97 + 0,22			12,5	≥90/>100	7,86 + 0,93	
	50	≥90/>100	9,21 + 0,28			50	≥90/>100	8,56 + 0,30	
I16 MG7	0,5	≥90/>100	8,56 + 1,14		I16 MG13	0,5	≥90/>100	9,91 + 1,06	
	12,5	≥90/>100	9,22 + 0,37			12,5	≥90/>100	8,12 + 0,39	
	50	≥90/>100	9,24 + 0,17			50	≥90/>100	8,92 + 0,43	

Dicentrarchus labrax

Nella **Tabella 63** sono riportati i risultati relativi al saggio di tossicità acuta condotto sui campioni di colonna d'acqua utilizzando giovanili di *D. labrax* (53+8 mm). Pur non essendo disponibile una scala di tossicità per questa tipologia di saggio biologico, tutti i campioni hanno mostrato una % di mortalità inferiore al 10%, limite indicato come mortalità accettabile nel controllo. Si può quindi ragionevolmente dedurre che tutti i campioni hanno mostrato assenza di tossicità. Il saggio con tossico di riferimento ha mostrato valori di LC50 pari a 2,26 mg/L (L.C. 95%: 1,14 mg/L-2,88 mg/L), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,78-2,89 mg/l).

Tabella 63 - Risultati del test con giovanili di *Dicentrarchus labrax* esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8.12-8.26, salinità ‰ range 37-38, temperatura 20,5+1 °C.

Campione	Prof. (m)	N. pesci esposti				% mortalità (media)	Tossicità acuta	Campione	Prof. (m)	N. pesci esposti				% mortalità (media)	Tossicità acuta
		repl. 1	repl. 2	repl. 3	repl. 1					repl. 2	repl. 3				
Controllo	-	10	10	10	3,3	assente									
I16 MG3	0,5	10	10	10	6,7	assente	I16 MG9	0,5	10	10	10	3,3	assente		
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	3,3			50	10	10	10	3,3			
I16 MG5	0,5	10	10	10	0,0		I16 MG10	0,5	10	10	10	3,3			
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	3,3			50	10	10	10	3,3			
I16 MG6	0,5	10	10	10	3,3		I16 MG12	0,5	10	10	10	3,3			
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0			
I16 MG7	0,5	10	10	10	6,7		I16 MG13	0,5	10	10	10	3,3			
	12,5	10	10	10	0,0			12,5	10	10	10	0,0			
	50	10	10	10	0,3			50	10	10	10	3,3			

Paracentrotus lividus

Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito il valore dell'EC50 di 19,36 µg l⁻¹ di Cu (LC=18,35 e UC=20,41), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (86 + 1,53%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC20/50) dei campioni della colonna d'acqua sono riportati nella tabella (**Tabella 64**).

Tabella 64 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.							
	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (+ dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		86 + 1,53	14	0			Assente
I16 MG3/0,5	100	72 + 1,53	28	16	≥90	>100	Assente
	50	79 + 1,00	21	8			
	25	83 + 1,15	17	3			
I16 MG3/12,5	100	71 + 1,53	29	17	≥90	>100	Assente
	50	78 + 0,58	22	9			
	25	83 + 0,58	17	3			
I16 MG3/50	100	75 + 1,15	25	12	≥90	>100	Assente
	50	79 + 1,15	21	7			
	25	84 + 1,15	16	2			
I16 MG5/0,5	100	73 + 1,73	27	15	≥90	>100	Assente
	50	77 + 0,58	23	11			
	25	82 + 1,53	18	5			
I16 MG5/12,5	100	69 + 1,00	31	19	≥90	>100	Assente
	50	78 + 0,58	22	9			
	25	83 + 1,53	17	4			
I16 MG5/50	100	75 + 0,58	25	13	≥90	>100	Assente
	50	79 + 1,15	21	8			
	25	83 + 1,73	17	3			
I16 MG6/0,5	100	56 + 1,53	44	35	57,4	>100	Bassa
	50	70 + 1,53	30	18			
	25	82 + 1,53	18	5			
I16 MG6/12,5	100	23 + 2,08	77	74	37,9	65,8	Media
	50	56 + 0,58	44	34			
	25	80 + 1,53	20	6			
I16 MG6/50	100	70 + 0,58	30	18	≥90	>100	Assente
	50	77 + 1,53	23	10			
	25	82 + 1,53	18	4			
I16 MG7/0,5	100	65 + 0,58	35	24	78,5	>100	Bassa
	50	73 + 1,15	27	14			
	25	82 + 1,15	18	4			
I16 MG7/12,5	100	70 + 0,58	30	19	≥90	>100	Assente
	50	78 + 1,53	22	9			
	25	83 + 1,53	17	3			
I16 MG7/50	100	71 + 1,53	29	17	≥90	>100	Assente
	50	77 + 1,73	23	10			
	25	82 + 1,53	18	4			
I16 MG9/0,5	100	67 + 1,15	33	21	60	>100	Bassa
	50	77 + 1,53	23	11			
	25	83 + 1,73	17	3			
I16 MG9/12,5	100	78 + 1,53	22	9	≥90	>100	Assente
	50	80 + 1,00	20	7			
	25	84 + 0,58	16	2			
I16 MG9/50	100	79 + 1,00	21	8	≥90	>100	Assente
	50	80 + 1,53	20	6			
	25	83 + 1,53	17	3			
I16 MG10/0,5	100	64 + 1,15	36	26	75,5	>100	Bassa
	50	74 + 1,53	26	13			
	25	82 + 1,53	18	5			
I16 MG10/12,5	100	74 + 2,00	26	14	≥90	>100	Assente
	50	80 + 1,53	20	6			
	25	84 + 0,58	16	2			
I16 MG 10/50	100	63 + 1,53	37	27	66,1	>100	Bassa
	50	70 + 1,53	30	18			
	25	82 + 1,53	18	5			
I16 MG 12/0,5	100	71 + 1,53	29	18	78,5	>100	Bassa
	50	79 + 1,00	21	8			
	25	83 + 0,58	17	4			
I16 MG 12/12,5	100	71 + 1,15	29	18	≥90	>100	Assente

Tabella 64 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.							
	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (+ dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
I16 MG12/50	50	79 + 0,58	21	8	≥90	>100	Assente
	25	82 + 1,53	18	5			
	100	78 + 1,53	22	9			
I16 MG13/0,5	50	80 + 1,53	20	6	≥90	>100	Assente
	25	83 + 1,53	17	4			
	100	78 + 0,58	22	9			
I16 MG13/12,5	50	79 + 1,53	21	7	76,8	>100	Bassa
	25	83 + 1,53	17	3			
	100	62 + 2,08	38	27			
I16 MG13/50	50	76 + 1,53	24	11	40,8	86	Media
	25	82 + 1,53	18	5			
	100	27 + 1,15	73	68			

Le diminuzioni degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo, documentate dai valori dell'EC20/50 evidenziano la presenza di tossicità cronica media nei campioni di acqua I16 MG06/12,50 e I16 MG13/12,5. I valori dell'EC20 rilevati nei campioni I16 MG06/0,5, I16 MG07/0,5, I16 MG09/0,5, I16 MG10/0,5, I16 MG10/50, I16 MG12/0,5 e I16/MG13/12,5 manifestano la presenza di basso livello della tossicità cronica. Nei campioni restanti non si osserva alcuna tossicità cronica e le percentuali dei plutei normalmente sviluppati risultano conformi al controllo negativo.

4.2 BIOTA

4.2.1 Macrozoobenthos

L'indagine condotta nell'inverno 2016 ha portato alla raccolta e determinazione di 5003 individui appartenenti a 193 specie (Tabella 65) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, cnidari, emicordati e nemertini.

Tabella 65 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno 2016 (I16).		
Annelida		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Poecilochaetus serpens</i> Allen, 1904
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Polycirrus aurantiacus</i> Grube, 1860
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Levinsenia oculata</i> (Hartman, 1957)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Amphiteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Lumbrineris coccinea</i> (Renier, 1804)	<i>Polydora</i> sp
<i>Aphelocheila marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Polygordius</i> sp
<i>Aponuphis fauveli</i> (Rioja, 1918)	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Pontobdella muricata</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Aricidea</i> sp	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Megalomma</i> sp	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Pseudexogone dineti</i> (Katzmann, Laubier & Ramos, 1974)
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Micronephthys maryae</i> San Martin, 1982	<i>Pseudopolydora</i> sp Czerniavsky, 1881
<i>Chone</i> sp	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	Sabellidae ind
<i>Chrysopetalum debile</i> (Grube, 1855)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Sabellides octocirrata</i> (M. Sars, 1835)
<i>Cossura soyeri</i> Laubier, 1962	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Mystides borealis</i> Théel, 1879	<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Picard, 1965)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Nephtys hystericis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Scolaricia typica</i> Eisig, 1914
<i>Eteone flava</i> (Fabricius, 1780)	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Eteone</i> sp	<i>Onuphis falesia</i> Castelli, 1982	<i>Scolecopsis</i> sp
<i>Euchone</i> sp	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Scoletoma impatiens</i> (Claparède, 1868)
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvantidis & Koukouras, 1997	<i>Sphaerodoron flavum</i> Örsted, 1845
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Paradoneis</i> sp	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)	<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparède, 1870)
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Harmothoe</i> sp	<i>Phyllochaetopterus</i> sp	<i>Sthenelais boa</i> Grube, 1860
<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Phyllodoce</i> sp Lamarck, 1818	<i>Syllis parapari</i> San Martin & López, 2000

Tabella 65 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno 2016 (I16).

<i>Heterospio sinica</i> Wu & Chen, 1966	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)	<i>Syllis</i> sp Savigny, 1818
<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976	<i>Trypanosyllis coeliaca</i> Claparède, 1868
Arthropoda		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Lysianassa</i> sp
<i>Alpheus glaber</i> (Oliv, 1792)	<i>Gammaropsis</i> sp	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Nebalia strausi</i> Risso, 1826
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Nymphon gracile</i> Leach, 1814
<i>Apeudes latreillii</i> (Milne-Edwards, 1828)	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Orchomene grimaldii</i> Chevreux, 1890
<i>Calocaris macandreae</i> Bell, 1846	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Perioculodes l. longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Iphinoe tenella</i> Sars, 1878	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Pseudoprotella phasma</i> (Montagu, 1804)
<i>Ebalia</i> sp	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Eurydice affinis</i> Hansen, 1905		
Cnidaria		
<i>Calliactis parasitica</i> (Couch, 1842)		
Echinodermata		
<i>Acrocrida brachiata</i> (Montagu, 1804)	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Trachythyone elongata</i> (Düben Koren, 1844)
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Ophiura grubei</i> Heller, 1863	<i>Trachythyone tergestina</i> (Sars, 1857)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)		
Hemichordata		
<i>Glandiceps talaboti</i> Marion, 1876		
Mollusca		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Parvicardium</i> sp
<i>Abra nitida</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hiatella rugosa</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Antalis vulgaris</i> (da Costa, 1778)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Tellimya ferruginosa</i> (Montagu, 1808)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Myrtea spinifera</i> Conraine, 1835	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Oliv, 1792)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826
<i>Eulima bilineata</i> Alder, 1848		
Sipunculida		
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875	<i>Phascolion strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Nephasoma</i> sp		
Nemertea		

La classe dei policheti risulta essere il gruppo dominante che con 4261 individui costituisce l'85% dell'abbondanza totale. I crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 8% dell'abbondanza totale. Seguono, nell'ordine, molluschi e echinodermi, i primi con 5%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (**Figura 63**).

Più equilibrata risulta la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista i policheti si confermano il taxon dominante fornendo da soli oltre la metà delle specie rinvenute (52%). Meno di un quarto del panorama faunistico è fornito dai crostacei (23%) seguiti dai molluschi che rappresentano il 16% delle specie totali.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri*, la più abbondante costituisce da sola, quarto dell'abbondanza totale (**Figura 64**). Ad essa segue, con contributo paragonabile, *Paradiopatra calliopae* che costituisce il 23,5 % dell'abbondanza totale. Nell'insieme, pertanto, questi due policheti (ossia l'1% delle specie totali) assommano ad oltre la metà dell'abbondanza. La terza specie in ordine di importanza, il polichete *Ampharete acutifrons*, rappresenta, infatti, solo il 6,8% dell'abbondanza totale.

Questo risultato, che conferma quanto già sottolineato nelle campagne precedenti, dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 160 specie (ossia 93% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre 48 specie (ossia il 27%) sono presenti con un solo individuo.

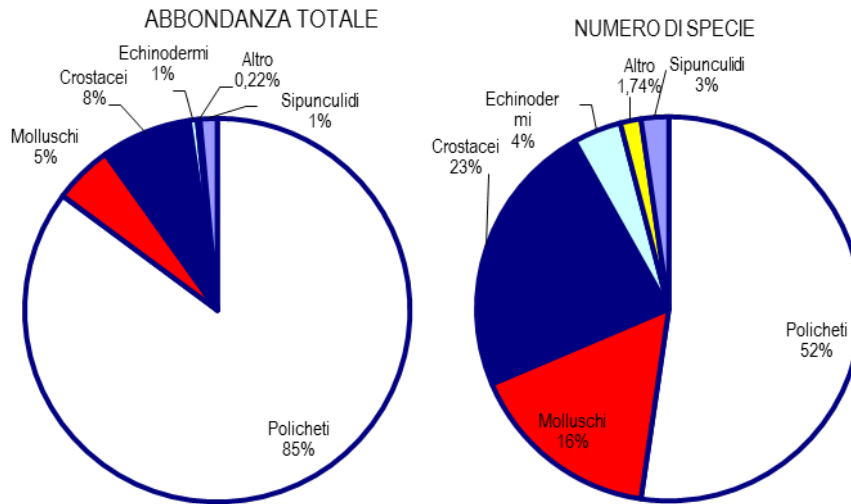


Figura 63 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, Cnidari, Emicordati.

Dall'analisi delle similarità si evince che le specie dominanti (*L. demiri*, *P. calliopae*) sono anche quelle che apportano il maggior contributo alla similarità tra repliche che risulta minima in I16 MG9 (55,78%) e massima in I16 MG14 (75,87%). Tale contributo complessivo è piuttosto variabile e compreso tra circa il 55% (I16 MG7) e il 70% (I16 MG9). Dalla medesima analisi si evince anche che, salvo rare eccezioni riguardanti la stazione I16 MG9, la (dis)similarità tra repliche p del medesimo ordine di quella tra stazioni. Questo risultato indica che le differenze a piccola scala (repliche) sono confrontabili con quelle dell'area di indagine. Questo dato è ben raffigurato dal piano di ordinamento ottenuto tramite non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) basato sui valori di abbondanza non trasformati. I punti - stazione, infatti, creano una nube nella parte destra del plot e sono contrapposti al I16 MG9. Nella nube la distribuzione dei punti non rispecchia la loro localizzazione geografica né risulta relazionabile alla presenza del Terminale.

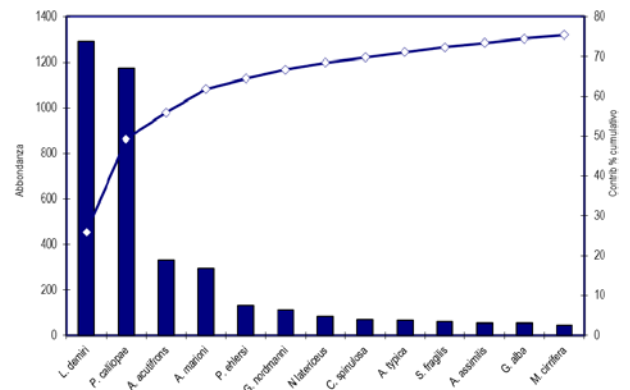


Figura 64 - Abbonanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

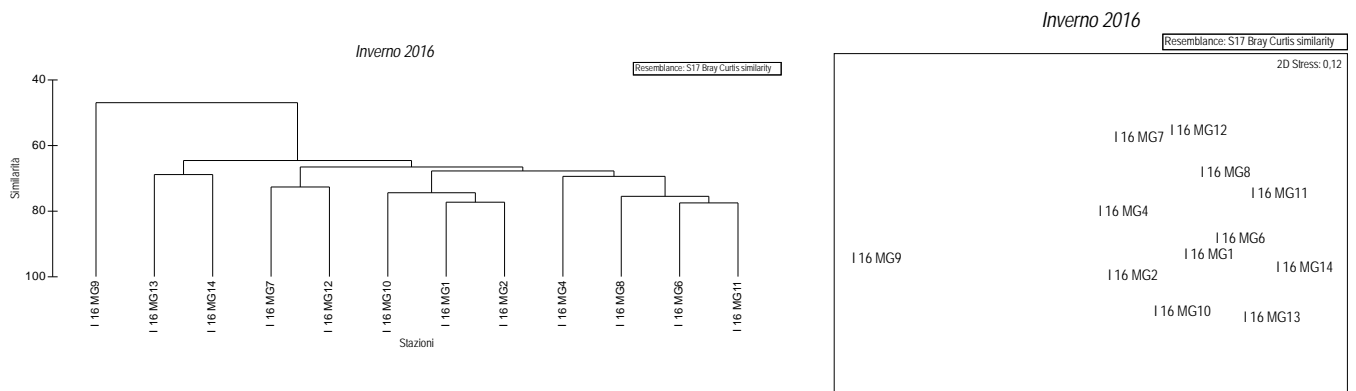


Figura 65 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Il comportamento della stazione MG9 risulta essere concorde nel tempo: questa stazione mostra tipicamente alta dissimilarità rispetto alle altre e una elevata variabilità tra repliche.

Nell'inverno 2016, in questa stazione i bassi valori di abbondanza di *L. demiri*, *P. calliopae* e *A. acuífrons* (rilevato in una sola replica) spiegano, in gran parte, le differenze rispetto alle altre stazioni.

Anche i risultati dell'analisi strutturale mostrano che questa stazione è la più povera sia in termini di numero di specie sia in numero di individui.

Dalla **Tabella 66**, infatti, si evince che sia S sia N subiscono un brusco calo proprio in corrispondenza di I16 MG9. All'estremo opposto si colloca la stazione I16 MG13 presso la quale si registra il picco sia di N sia di S. Presso il Terminale è situata la stazione con il livello strutturale più elevato (I16 MG7): in questo caso si registrano di picchi di H', d e J.

Tabella 66 - Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J). Medie + Deviazione standard.

	S		N		d		J		H'(log2)	
I16 MG1	33,75	+ 4,43	123,00	+ 21,69	6,80	+ 0,69	0,75	+ 0,02	3,81	+ 0,09
I16 MG2	29,25	+ 6,08	98,25	+ 14,27	6,16	+ 1,20	0,81	+ 0,03	3,95	+ 0,32
I16 MG4	20,75	+ 4,11	76,75	+ 21,23	4,57	+ 0,76	0,72	+ 0,06	3,15	+ 0,37
I16 MG6	30,00	+ 2,00	112,75	+ 15,59	6,15	+ 0,37	0,71	+ 0,04	3,49	+ 0,19
I16 MG7	35,75	+ 2,06	100,25	+ 9,54	7,55	+ 0,40	0,83	+ 0,03	4,26	+ 0,18
I16 MG8	30,75	+ 6,24	108,25	+ 16,70	6,34	+ 1,16	0,76	+ 0,04	3,74	+ 0,41
I16 MG9	13,00	+ 8,37	39,75	+ 17,06	3,20	+ 1,89	0,79	+ 0,08	2,79	+ 0,92
I16 MG10	31,00	+ 2,16	108,50	+ 19,91	6,41	+ 0,28	0,77	+ 0,03	3,82	+ 0,10
I16 MG11	24,25	+ 5,12	99,50	+ 30,88	5,06	+ 0,79	0,70	+ 0,03	3,20	+ 0,15
I16 MG12	36,25	+ 5,80	117,25	+ 34,96	7,41	+ 0,79	0,79	+ 0,02	4,10	+ 0,26
I16 MG13	38,00	+ 6,63	164,50	+ 60,07	7,29	+ 0,91	0,75	+ 0,06	3,92	+ 0,22
I16 MG14	17,25	+ 4,99	102,00	+ 16,63	3,51	+ 1,03	0,60	+ 0,05	2,45	+ 0,48

4.2.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

La stazione I16 MG1 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso con presenza di silt. La meiofauna è costituita da otto gruppi tassonomici, per un popolamento complessivo di 202,6 + 101,0 ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante (175,2 + 91,9 ind./10 cm²) e rappresentano il 86,5% della meiofauna totale. Seguono i Policheti (10,1 + 5,0 ind./10 cm²; 3,9%) e i Copepodi (8,8 + 11,0 ind./10 cm²; 4,4%). Il terzo gruppo è costituito dai taxa meno abbondanti raggruppati nella categoria "Altri" e presentano una densità complessiva pari a 4,6 + 2,9 ind./10 cm² con un apporto percentuale dell'2,3%, nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento (**Tabella 67**, **Figura 66**). Le fasi larvali dei Copepodi, cioè i Nauplii, costituiscono il quarto gruppo per abbondanza (3,8 + 0,8 ind./10 cm²; 1,9%). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener, ricchezza di Margalef ed equitabilità di Pielou risultano inferiori alla media riscontrata nell'area (**Tabella 69**).

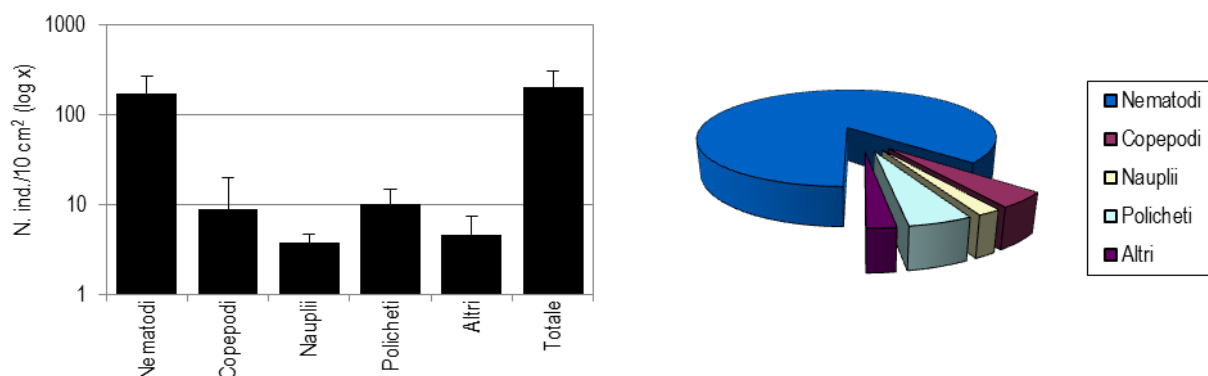
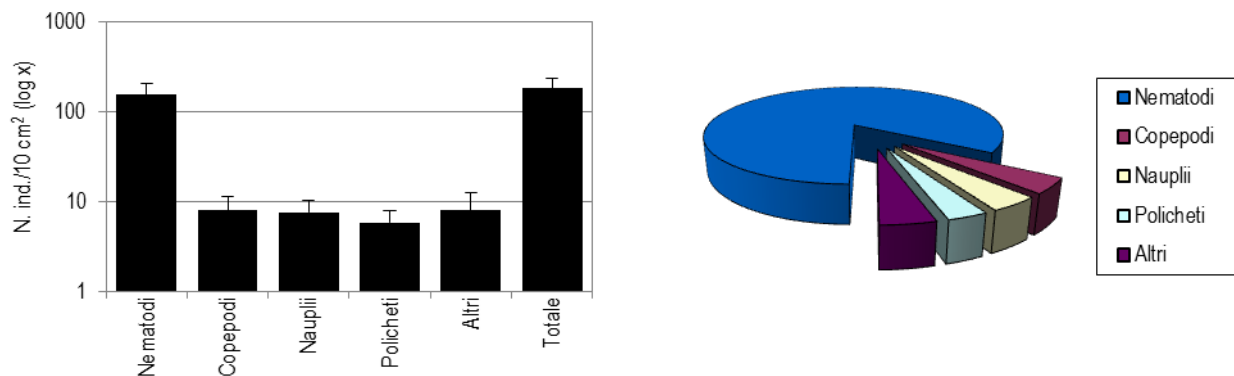


Figura 66 - Stazione I16 MG1. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

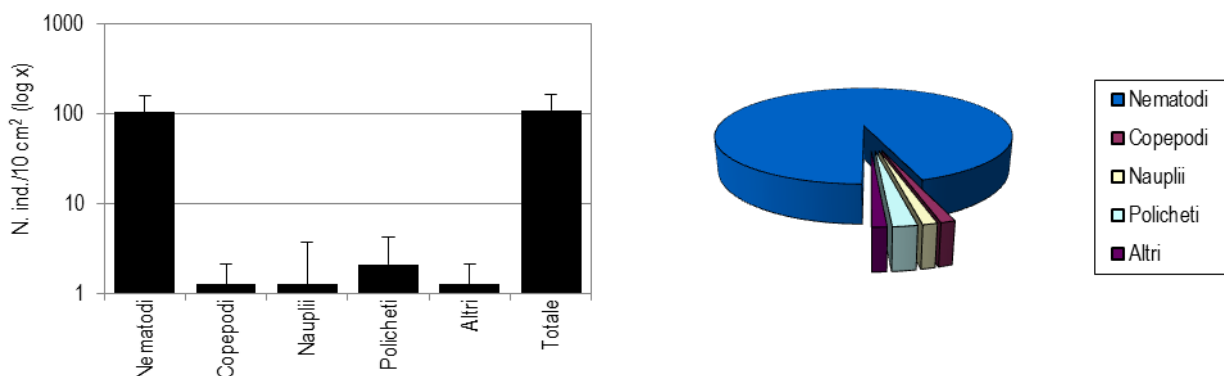
La stazione I16 MG2 si caratterizza per il sedimento sabbioso con presenza di silt, detrito organogeno e detrito vegetale. Sono stati rinvenuti nove taxa principali per una densità complessiva di 184,0 + 54,8 ind./10 cm². I Nematodi, taxon dominante, formano l'84,0% del popolamento meiobentonico complessivo, con una densità di 154,6 + 50,8 ind./10 cm². Segue il gruppo dei Copepodi (8,0 + 3,5 ind./10 cm²; 4,3%) e dei taxa meno abbondanti raggruppati sotto la voce "Altri" (8,0 + 4,4 ind./10 cm²; 4,3%); seguono i Nauplii (7,6 + 2,9 ind./10 cm²; 4,1%). I cinque taxa meno abbondanti costituiscono il 4,3% della biocenosi; di questi solo i Tanaidacei forniscono un apporto superiore all'1,0% del popolamento complessivo (**Tabella 67**; **Figura 67**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener, ricchezza di Margalef ed equitabilità di Pielou risultano leggermente superiori alla media riscontrata nell'area (**Tabella 69**).

Tabella 67 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I16 MG1, I16 MG2, I16 MG4, I16 MG6, I16 MG7, I16 MG8. Densità media (+DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	I16 MG1		I16 MG2		I16 MG4		I16 MG6		I16 MG7		I16 MG8	
	Media+DS	%	Media+DS	%	Media+DS	%	Media+DS	%	Media+DS	%	Media+DS	%
Nematodi	175,2+91,9	86,5	154,6+50,8	84,0	104,9+55,5	94,6	117,5+61,5	84,8	177,3+108,8	67,7	264,0+119,6	77,7
Copepodi	8,8+11,0	4,4	8,0+3,5	4,3	1,3+0,8	1,1	5,1+6,9	3,6	25,3+30,4	9,6	26,1+33,3	7,7
Nauplii	3,8+0,8	1,9	7,6+2,9	4,1	1,3+2,5	1,1	0,8+1,7	0,6	27,8+36,2	10,6	18,5+21,4	5,5
Policheti	10,1+5,0	5,0	5,9+2,2	3,2	2,1+2,1	1,9	9,7+5,9	7,0	18,5+8,3	7,1	21,1+1,6	6,2
Turbellari	-	-	-	-	1,3+0,8	1,1	-	-	3,4+3,6	1,3	2,1+1,6	0,6
Chinorinchi	0,8+1,0	0,4	0,4+0,8	0,2	-	-	-	-	1,3+2,5	0,5	0,8+1,0	0,2
Tanaidacei	-	-	5,1+3,1	2,7	-	-	-	-	1,7+2,4	0,6	0,4+0,8	0,1
Ostracodi	-	0,2	0,8+1,0	0,5	-	-	0,4+0,8	0,3	2,1+1,6	0,8	1,3+0,8	0,7
Anfipodi	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-0,4+0,8	0,6
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4+0,8	0,1
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,4+0,8	0,1
Idrozoï	-	-	-	-	-	-	0,4+0,8	0,3	-	-	-	-
Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4+0,8	0,2	-	-
Bivalvi	0,4+0,8	0,2	0,4+0,8	0,2	-	-	0,4+0,8	0,3	0,8+1,7	0,3	0,4+0,8	0,1
Solenogastri	-	-	-	-	-	-	0,4+0,8	0,3	0,4+0,8	0,2	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	0,4+0,8	0,3	1,3+0,8	0,5	0,8+1,7	0,2
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4+0,8	0,2	-	-
Loriciferi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4+0,8	0,2	-	-
Oligocheti	2,5+1,7	1,2	0,8+1,0	0,5	-	-	3,4+3,1	2,4	0,8+1,0	0,3	-	-
Ciliati	0,4+0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altri (ΣTur-Cil)	4,6+2,9	2,3	8,0+4,4	4,3	1,3+0,8	1,1	5,5+3,7	3,9	13,1+12,2	5,0	10,1+8,1	3,0
Meiofauna totale	202,6+101,0	-	184,0+54,8	-	110,8+52,1	-	138,6+68,5	-	261,9+187,6	-	339,8+188,9	-


Figura 67 - Stazione I16 MG2. Densità media + DS (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I16 MG4 è costituito da sabbia con silt e detrito vegetale. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di soli cinque gruppi meiobentonici per una densità media complessiva di 110,8 + 52,1 ind./10 cm² (Tabella 67). Analogamente ai due siti precedenti, anche in questo caso il gruppo dominante è risultato quello dei Nematodi, con una percentuale sul meiobenthos totale del 94,6% e densità pari a 104,9 + 55,5 ind./10 cm². Seguono i Policheti, con una densità media di 2,1 + 2,1 ind./10 cm² (1,9%), i Copepodi (1,3 + 0,8 ind./10), lo loro forma larvale, i Nauplii (1,3 + 2,5 ind./10) e i restanti taxa raggruppati sotto la voce "Altri" (1,3 + 0,8 ind./10) contribuiscono con lo stesso valore percentuale (1,1%). La voce "Altri" comprende solo i Turbellari, che costituiscono l'1,1% della biocenosi (Tabella 67; Figura 68). I valori degli indici di struturali (H', J, d) risultano inferiori alla media rilevata nell'area (Tabella 69).


Figura 68 - Stazione I16 MG4. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione I16 MG6 è costituito da sabbia fine mista a silt e a detrito vegetale. Nei campioni sono stati rinvenuti i rappresentanti di dodici gruppi tassonomici per una densità complessiva di 138,6 + 68,5 ind./10 cm² (Tabella 67). Il gruppo dei Nematodi, taxon dominante, raggiunge la densità di 117,5 + 61,5 ind./10 cm², contribuendo per il 84,8% al popolamento complessivo; seguono i Policheti (9,7 + 5,9 ind./10 cm²; 7,0%), i taxa numericamente inferiori che singolarmente non raggiungono l'1% del popolamento complessivo sono raggruppati sotto la voce "Altri" con densità pari a 5,5 + 3,7 ind./10 cm² (3,9%). Seguono i Copepodi (5,1 + 6,9 ind./10 cm²; 3,6%). I Nauplii si collocano al quinto (ultimo) posto per abbondanza e percentuale (0,8 + 1,7 ind./10 cm²; 0,6%). (Tabella 67; Figura 69). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media riscontrata nell'area, mentre gli indici di diversità di Shannon-Wiener ed equitabilità di Pielou risultano inferiori ad essa (Tabella 69).

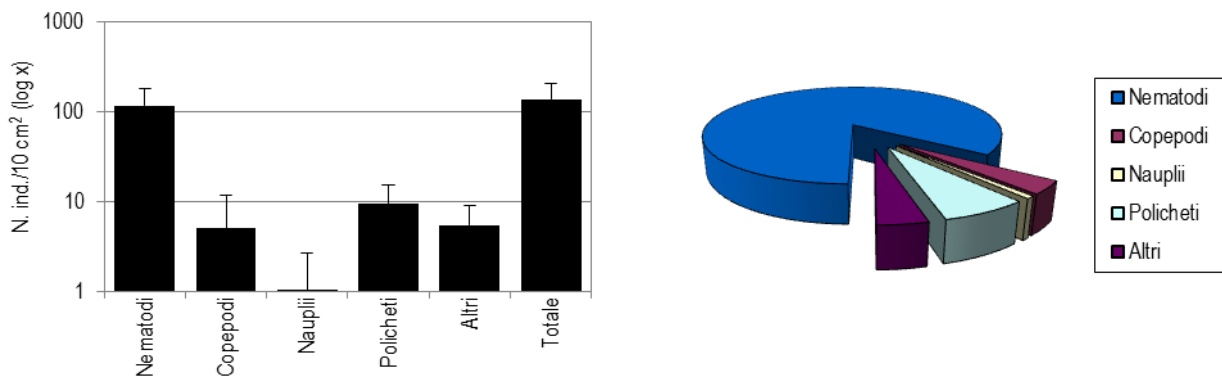


Figura 69 - Stazione I16 MG6. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La biocenosi meiobentonica rinvenuta nel sedimento della stazione I16 MG7, di tipo sabbioso-fine misto a silt, con piccole quantità di detrito più grossolano e vegetale, risulta costituita da dieci major taxa, con una densità media totale di 261,9 + 187,6 ind./10 cm². Il gruppo dominante è quello dei Nematodi, che contribuisce con l'67,7% al popolamento complessivo (177,3 + 108,8 ind./10 cm²). Seguono i Nauplii (27,8 + 36,2 ind./10 cm²; 10,6%), i Copepodi (25,3 + 30,4 ind./10 cm²; 9,6%) e, infine, i Policheti (18,5 + 8,3 ind./10 cm²; 7,1%). I rimanenti undici gruppi presenti costituiscono il 5,0% della meiofauna totale (13,1 + 12,2 ind./10 cm²); di questi solo i Turbellari superano l'1,0% del popolamento complessivo. Di grande rilievo è il rinvenimento in questo sito di larve di Priapulidi e del raro taxon dei Loriciferi, con una nuova specie per la scienza appartenente al genere *Rugiloricus* (Tabella 67; Figura 70). I valori degli indici strutturali calcolati per questa stazione risultano superiori alla media riscontrata nell'area (Tabella 69).

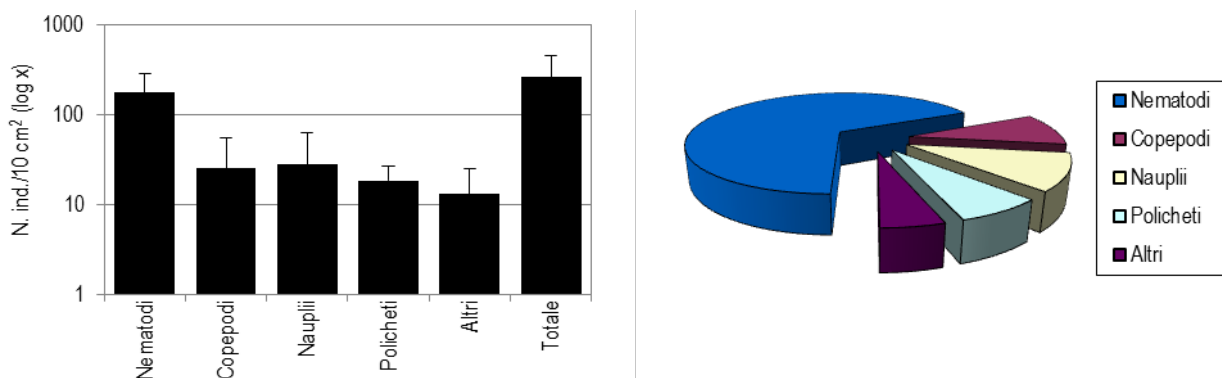


Figura 70 - Stazione I16 MG7. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I16 MG8 è caratterizzata dalla presenza di un sedimento di tipo sabbioso fine con una frazione di silt e detrito vegetale. La meiofauna è presente con tredici gruppi tassonomici la cui densità complessiva raggiunge i 264,0 + 119,6 ind./10 cm² (Tabella 67, Tabella 69). Ancora una volta i Nematodi risultano il gruppo dominante, con una percentuale che raggiunge l'77,7% (densità = 264,0 + 119,6 ind./10 cm²). Seguono per abbondanza i Copepodi (26,1 + 33,3 ind./10 cm²; 7,7%), i Policheti (21,1 + 10,7 ind./10 cm²; 6,2%) ed infine i Nauplii (18,5 + 21,4 ind./10 cm²; 5,5%), che chiudono la quaterna dei gruppi più rappresentati. I rimanenti nove taxa rappresentano nel complesso il 3,0% della biocenosi (Figura 71). In questa stazione gli indici di diversità Shannon-Wiener, ricchezza di Margalef ed equitabilità di Pielou risultano superiori alla media (Tabella 69).

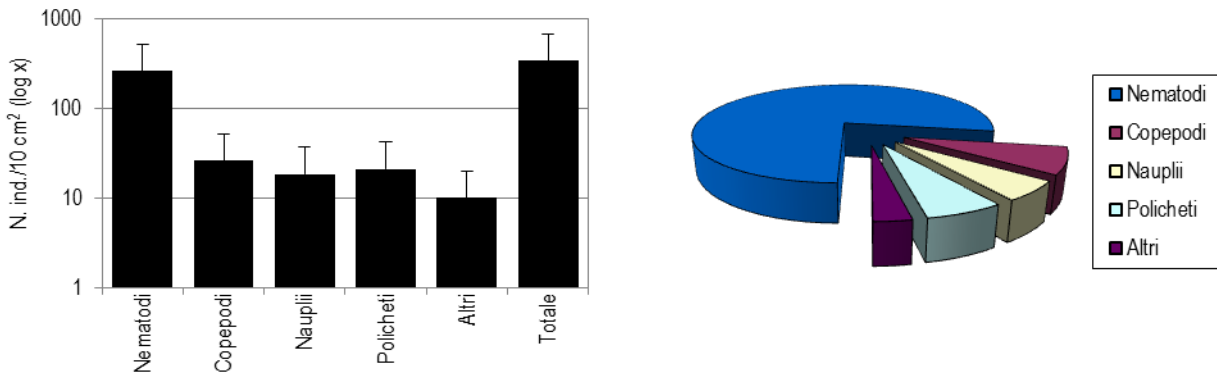


Figura 71 Stazione I16 MG8. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I16 MG9 è caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso molto fine, ricco di fango e limo. La comunità meiobentonica è costituita da sette gruppi tassonomici, per una densità complessiva pari a 55,2 + 39,7 ind./10 cm², che risulta la più bassa riscontrata nell'area (Tabella 68, Tabella 69). I Nematodi risultano il taxon dominante (47,6 + 35,5 ind./10 cm²) rappresentando l'86,2% della meiofauna totale, seguiti da Policheti (1,7 + 1,4 ind./10 cm²; 3,1%). Vengono poi Copepodi (1,3 + 2,5 ind./10 cm²) e Nauplii (1,3 + 1,6 ind./10 cm²), i quali forniscono lo stesso contributo percentuale alla biocenosi (2,3%) (Tabella 68; Figura 72). I restanti cinque taxa contribuiscono per il 6,1% al popolamento complessivo; di questi solo gli Anfipodi superano l'1,0% della comunità. I valori degli indici di diversità Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano inferiori alla media, mentre l'equitabilità di Pielou è superiore ad essa (Tabella 69).

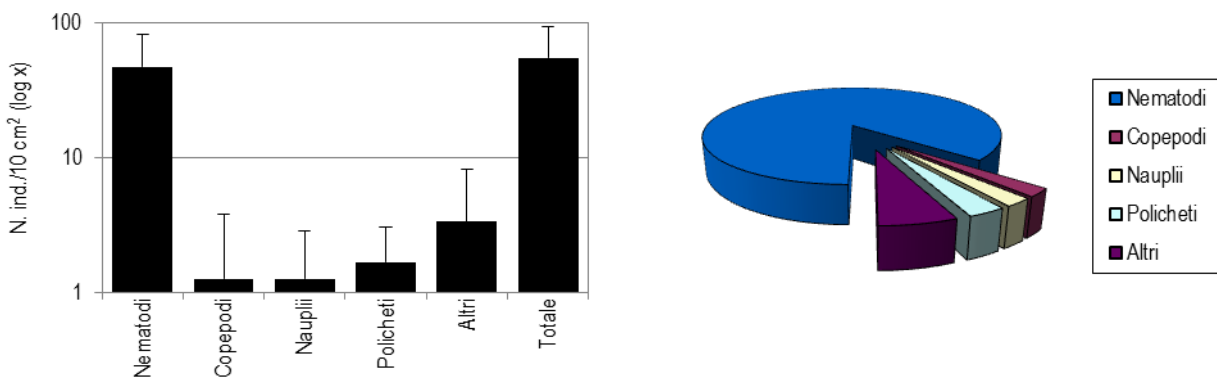


Figura 72 - Stazione I16 MG9. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 68 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I16 MG9, I16 MG10, I16 MG11, I16 MG12, I16 MG13, I16 MG14. Densità media (+DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	I16 MG9		I16 MG10		I16 MG11		I16 MG12		I16 MG13		I16 MG14	
	Media+DS	%	Media+DS	%	Media+DS	%	Media+DS	%	Media+DS	%	Media+DS	%
Nematodi	47,6+35,5	86,2	281,3+190,4	86,3	261,9+97,9	76,8	248,5+157,1	81,5	140,2+112,7	81,4	145,7+71,3	88,7
Copepodi	1,3+2,5	2,3	9,3+5,1	2,8	16,0+15,0	4,7	20,2+14,3	6,6	15,2+13,3	8,8	2,1+2,1	1,3
Nauplii	1,3+1,6	2,3	8,8+6,1	2,7	19,4+21,4	5,7	7,6+6,2	2,5	6,3+6,4	3,7	5,1+5,3	3,1
Policheti	1,7+1,4	3,1	20,2+16,2	6,2	32,8+17,1	9,6	20,6+13,3	6,8	8,8+6,1	5,1	7,6+4,5	4,6
Turbellari	-	-	-	-	4,2+3,2	1,2	0,8+1,0	0,3	-	-	-	-
Chinorinchi	-	-	-	-	1,7+2,4	0,5	0,8+1,7	0,3	0,4+0,8	0,2	-	-
Tanaidacei	-	-	0,4+0,8	0,1	-	-	1,7+3,4	0,6	-	-	1,7+1,4	1,0
Ostracodi	-	-	0,8+1,0	0,3	0,8+1,7	0,2	1,7+1,4	0,6	0,8+1,7	0,2	0,4+0,8	0,3
Anfipodi	2,5+5,1	4,6	0,4+0,8	0,1	-	-	0,4+0,8	0,1	0,8+1,0	0,2	-	-
Cumacei	-	-	-	-	-	-	0,4+0,8	0,1	-	-	-	-
Idrozoi	-	-	-	-	0,4+0,8	0,1	-	-	-	-	-	-
Gasteropodi	-	-	-	-	0,4+0,8	0,1	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,4+0,8	0,8	1,7+2,4	0,5	0,4+0,8	0,1	1,7+1,4	0,6	0,4+0,8	0,2	-	-
Solenogastri	-	-	0,4+0,8	0,1	0,4+0,8	0,1	-	-	-	-	-	-
Nemertini	-	-	0,8+1,0	0,5	1,3+1,6	0,4	0,4+0,8	0,1	-	-	0,8+1,7	0,5
Priapulidi	-	-	0,8+1,0	0,3	0,4+0,8	0,1	-	-	-	-	-	-
Oligocheiti	0,4+0,8	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8+1,0	0,5
Ciliati	-	-	-	-	0,8+1,7	0,2	-	-	-	-	-	-
Altri (ΣTur-Cil)	3,4+4,8	6,1	6,3+3,7	1,9	10,9+7,5	3,2	8,0+4,4	2,6	1,7+2,4	1,0	3,8+1,6	2,3
Meiofauna totale	55,2+39,7	-	326,0+217,7	-	246,4+148,8	-	304,9+183,2	-	172,2+138,5	-	164,2+77,5	-

La stazione I16 MG10 è caratterizzata dalla presenza di sabbia fine mista a silt e occasionalmente detrito organogeno e vegetale, nella quale sono stati individuati undici taxa meiobentonici, con una densità media totale di 326,0 + 217,7 ind./10 cm² (Tabella 68, Tabella 69). I Nematodi rappresentano anche qui il gruppo dominante, con una densità media pari a 281,3 + 190,4 ind./10 cm², contribuendo per l'86,3% al popolamento meiobentonico complessivo. Seguono i Policheti (20,2 + 16,2 ind./10 cm²; 6,2%), i Copepodi (9,3 + 5,1 ind./10 cm²; 2,8%) e i Nauplii (8,8 + 6,1 ind./10 cm²; 2,7%). Questi primi quattro gruppi rappresentano circa il 98,1% del meiobenthos complessivo (Tabella 68; Figura 73). Il restante 1,9% è costituito da sette taxa, nessuno dei quali supera la percentuale dell'1% rispetto alla meiofauna totale. Rilevante è il rinvenimento di larve di Priapulidi in questa stazione (Tabella 68). L'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media registrata, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano inferiori ad essa (Tabella 69).

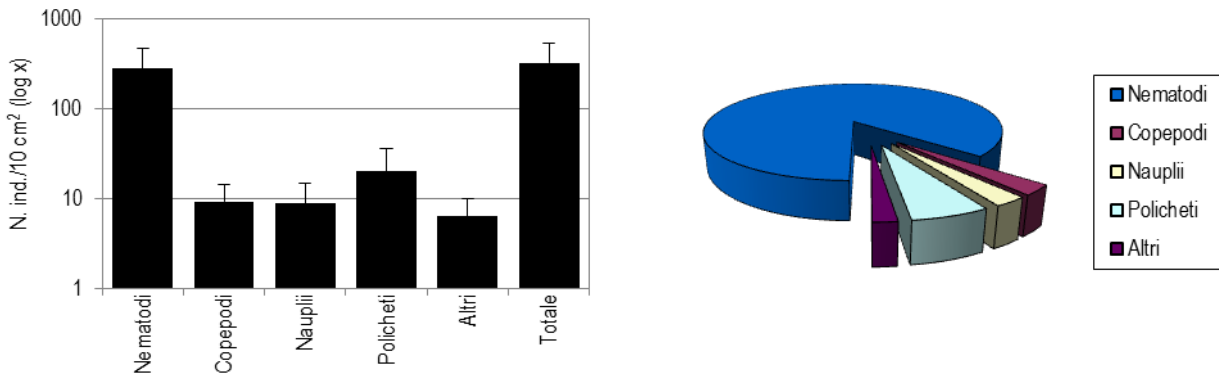


Figura 73 - Stazione I16 MG10. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I16 MG11 è costituito soprattutto da sabbia fine mista a silt e da una frazione di detrito organogeno e vegetale. Nei campioni analizzati sono stati rinvenuti i rappresentanti di ben quattordici gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a 341,1 + 135,0 ind./10 cm². Il gruppo dominante è quello dei Nematodi (densità media = 261,9 + 97,9 ind./10 cm²), con un apporto percentuale al popolamento complessivo del 76,8% (Tabella 68). Seguono i Policheti (densità = 32,8 + 17,1 ind./10 cm²; 9,6%), i Nauplii (19,4 + 21,4 ind./10 cm²; 5,7%) ed i Copepodi (16,0 + 15,0 ind./10 cm²; 4,7%). I dieci taxa rimanenti contribuiscono per il 3,2% al popolamento complessivo; di questi solo i Turbellari superano l'1,0% del totale. Si rileva la presenza di larve di Priapulidi in questo sito (Tabella 68, Figura 74). I valori degli indici strutturali risultano superiori alla media in questa stazione (Tabella 69).

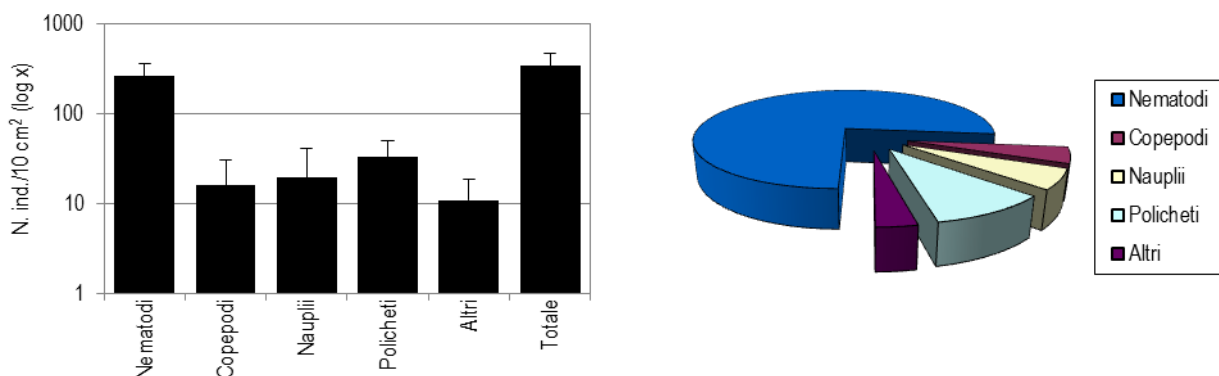


Figura 74 - Stazione I16 MG11. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione I16 MG12 è costituito da sabbia infangata, contenente una discreta quantità di detriti grossolani e detrito vegetale. In esso sono stati rinvenuti dodici taxa, con abbondanza media totale pari a 304,9 + 183,2 ind./10 cm². Anche in questo caso i Nematodi risultano essere il taxon dominante, con una densità che si attesta sul valore medio di 248,5 + 157,1 ind./10 cm², corrispondente all'81,5% del popolamento complessivo. Seguono i Policheti (20,6 + 13,3 ind./10 cm²; 6,8%), i Copepodi (20,2 + 14,3 ind./10 cm²; 6,6%) e infine i Nauplii (7,6 + 6,2 ind./10 cm²; 2,5%). I restanti otto taxa, raggruppati sotto la voce "Altri", costituiscono il 2,6% della comunità complessiva; nessuno di questi supera l'1,0% del popolamento (Tabella 68; Figura 75). I valori degli indici strutturali risultano superiori alla media in questa stazione (Tabella 69).

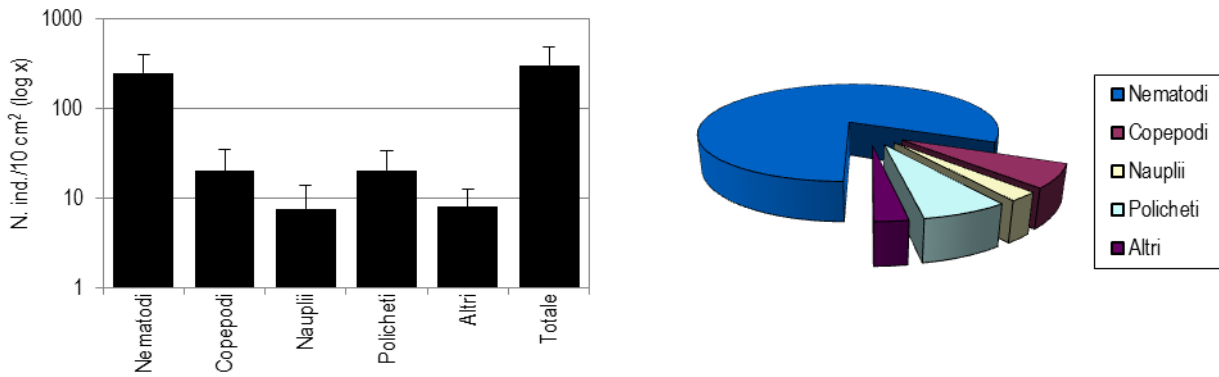


Figura 75 - Stazione I16 MG12. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I16 MG13, costituito sabbia fine mista a silt e con presenza di detrito vegetale, ospita otto taxa meiobentonici, presenti con una densità complessiva pari a 172,2 + 138,5 ind./10 cm² (Tabella 69). Domina il gruppo dei Nematodi (140,2 + 112,7 ind./10 cm²), che costituiscono l'81,4% del popolamento totale. Seguono i Copepodi (15,2 + 13,3 ind./10 cm²; 8,8%), i Policheti (8,8 + 6,1 ind./10 cm²; 5,1%) e i Nauplii (6,3 + 6,4 ind./10 cm²; 3,7%). I rimanenti quattro gruppi costituiscono l'1,0% della meiofauna totale (Tabella 68; Figura 76). In questa stazione i valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano superiori alla media registrata nell'area, mentre L'indice di ricchezza di Margalef è inferiore ad essa (Tabella 69).

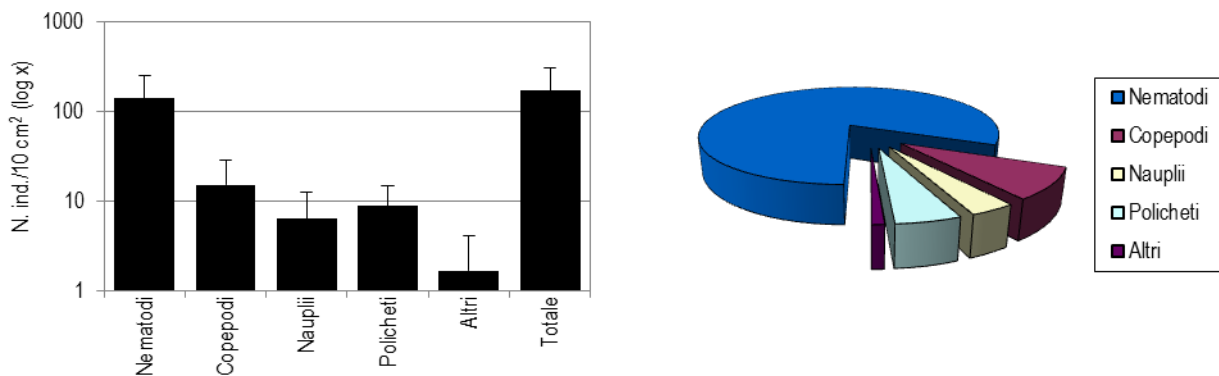


Figura 76 - Stazione I16 MG13. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I16 MG14 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso misto a silt contenente detrito di origine vegetale. Nei campioni raccolti sono stati rinvenuti otto taxa meiobentonici, con densità media complessiva pari a 164,2 + 77,5 ind./10 cm² (Tabella 69). Anche in questo caso i Nematodi risultano il taxon dominante, con una densità di 145,7 + 71,3 ind./10 cm² pari all'88,7% della comunità globale. Seguono a grande distanza i Policheti (7,6 + 4,5 ind./10 cm²; 4,6%), i Nauplii (5,1 + 5,3 ind./10 cm²; 3,1%) e i Copepodi con il 2,3% chiudono il totale della comunità della stazione. I rimanenti quattro taxa insieme formano l'2,3% del popolamento; di questi solo i Tanaidacei raggiungono l'1,0% della biocenosi. (Tabella 68, Figura 77). I valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media registrata nell'area (Tabella 69).

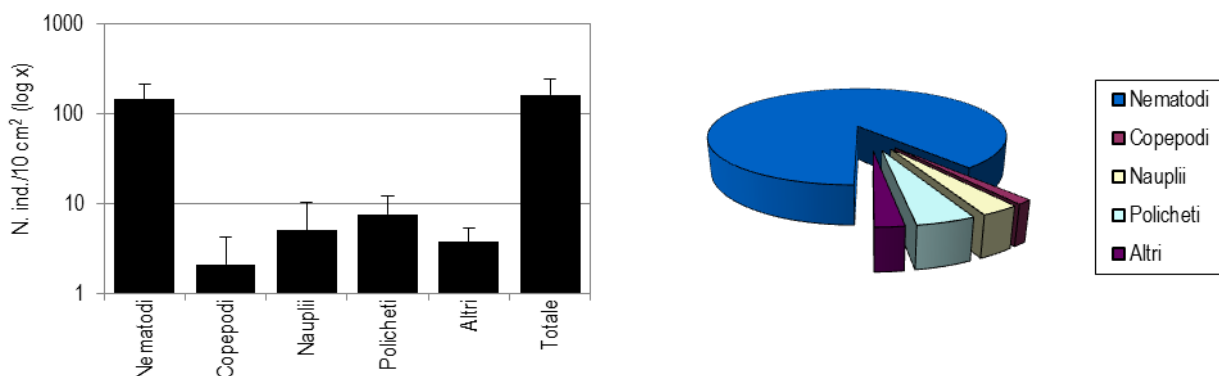


Figura 77 - Stazione I16 MG14. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Dati complessivi

Nell'area investigata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a venti gruppi tassonomici, di cui quattro presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Copepodi, Nauplii e Policheti. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Ostracodi, Bivalvi e Chinorinchi, risultano alquanto frequenti, essendo assenti solo in poche stazioni, mentre altri quali Loriciferi, Isopodi, Cumacei, Gasteropodi, Idrozoi e Ciliati sono stati rinvenuti solamente in una o in due stazioni e in numeri molto bassi.

La densità media totale dell'area investigata è pari a 216,8 + 150,2 ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media globale di 176,6 + 116,4 pari all'81,4% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Policheti (densità media = 13,3 + 12,2 ind./10 cm²; 6,1%), dai Copepodi (11,5 + 16,0 ind./10 cm²; 5,3%) e infine dai Nauplii (9,0 + 14,8 ind./10 cm²; 4,2%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso circa il 97% della biocenosi. Gli altri sedici taxa sono presenti in densità molto basse e nessuno di essi raggiunge l'1% del meiobenthos totale (**Tabella 70**).

L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni ha evidenziato differenze statisticamente significative a carico di Nematodi, Policheti e meiofauna totale. Nello specifico, i valori della densità di Nematodi e della meiofauna totale nella stazione I16 MG9 sono risultati generalmente più bassi rispetto a quelli di altre stazioni, mentre i policheti sono risultati particolarmente poveri nelle stazioni I16 MG4 e I16 MG9.

Si sottolinea che mentre la stazione I16 MG4 è tra quelle prossime al terminale (anche se non tra le più prossime) la stazione I16 MG9 è alquanto distante da esso.

Tabella 69 - Indici strutturali relativi al popolamento meiobentonico calcolati sui valori medi di abbondanza. Numero di taxa (S), Numero medio di individui (N), Ricchezza di Margalef (d), Diversità di Shannon-Wiener (H'), Equitabilità di Pielou (J).					
	S	N	d	H'	J
I16 MG1	9	202,6	1,5	0,6	0,3
I16 MG2	10	184,0	1,7	0,7	0,3
I16 MG4	5	110,8	0,8	0,3	0,2
I16 MG6	10	138,6	1,8	0,7	0,3
I16 MG7	15	261,9	2,5	1,2	0,4
I16 MG8	13	339,8	2,1	0,9	0,3
I16 MG9	7	55,2	1,5	0,6	0,3
I16 MG10	11	326,0	1,7	0,6	0,3
I16 MG11	14	341,1	2,2	0,9	0,3
I16 MG12	12	304,9	1,9	0,8	0,3
I16 MG13	8	172,2	1,4	0,7	0,3
I16 MG14	8	164,2	1,4	0,5	0,3

Nella **Tabella 69** sono riportati i parametri strutturali calcolati per le singole stazioni. Numero di taxa (S) e abbondanza media (N) variano nelle stazioni analizzate, da 7 a 15 taxa il primo, e da 55 a 341 ind./10 cm² il secondo. La stazione I16 MG4 e I16 MG9, ospita il numero più basso di taxa, mentre I16 MG7 ospita il numero più alto. Anche gli indici di ricchezza specifica (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J) variano nei siti indagati.

La ricchezza specifica (d) si attesta frequentemente su valori compresi tra 1 e 2, ad eccezione del sito I16 MG4 che presenta il valore minimo (0,8) e del sito I16 MG7, che presenta il valore più alto riscontrato (2,5). Ugualmente, la diversità di Shannon-Wiener (H') è risultata minima nel sito I16 MG4 (0,3) e massima nella stazione I16 MG7 (1,29 dove pure il valore dell'indice di equitabilità di Pielou appare tra i più alti. Risulta utile sottolineare in questo contesto che la stazione I16 MG7 è tra le più prossime al terminale.

Pertanto data la distanza reciproca tra le stazioni I16 MG4 I16 MG7 e I16 MG9 e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore non emerge alcuna relazione evidente tra le differenze osservate e la loro collocazione geografica in relazione anche alla posizione del terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato una similarità faunistica nel complesso medio-bassa tra le stazioni investigate.

L'analisi dei cluster, basata sulle abbondanze medie dei diversi taxa e sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, evidenzia una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra le stazioni del 60% (**Figura 78**); in corrispondenza di tale valore i siti I16 MG4 e I16 MG9, raggruppati tra loro a un livello di similarità di quasi 78%, risultano separati dagli altri dieci.

Le densità e i valori dei parametri strutturali riscontrati nei siti I16 MG4 e I16 MG9 risultano più bassi rispetto a quelli registrati altrove.

I restanti dieci siti, raggruppati ad un valore di similarità del 73% circa, sono equamente suddivisi in due cluster.

Le stazioni I16 MG1, I16 MG2, I16 MG6, I16 MG13 e I16 MG14 presentano una similarità del 78% circa, mentre le rimanenti cinque sono tra loro raggruppate ad un livello di similarità dell'81%; queste ultime sono caratterizzate dai più elevati valori di diversità rilevati nell'area.

Anche da questa analisi non sembra emergere alcuna relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni (distanza dal rigassificatore).

Tabella 70 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media + deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	Media+DS	%	Taxon	Media+DS	%
Nematodi	176,6+116,4	81,4	Cumacei	0,1+0,3	<0,1
Copepodi	11,5+16,0	5,3	Idrozoï	0,1+0,3	<0,1
Nauplii	9,0+14,8	4,2	Gasteropodi	0,1+0,3	<0,1
Policheti	13,3+12,2	6,1	Bivalvi	0,6+1,1	0,3
Turbellari	1,0+2,0	0,5	Solenogastri	0,1+0,5	0,1
Chinorinchi	0,5+1,2	0,2	Nemertini	0,6+1,2	0,3
Tanaidacei	0,9+2,0	0,4	Priapulidi	0,1+0,5	0,1
Ostracodi	0,9+1,3	0,4	Loriciferi	0,1+0,2	<0,1
Anfipodi	0,5+1,9	0,2	Oligocheti	0,7+1,5	0,3
Isopodi	0,1+0,2	<0,1	Ciliati	0,1+0,5	<0,1
			Altri (Σ Tur-Cil)	6,4+6,1	2,9

Meiofauna totale: 216,8+150,2

Quanto appena indicato è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 78**. La disposizione dei punti-stazione nel piano prescinde anche in questo caso dalla loro collocazione geografica (distanza dal terminale rigassificatore). Il nMDS separa nettamente i siti I16 MG4 e I16 MG9 dagli altri caratterizzati a causa delle loro povertà faunistica. Si sottolinea che la stazione MG9 emergeva per la sua povertà faunistica anche in precedenti campagne (es. I15 e E15) pertanto i nuovi dati confermano una situazione già nota fin dall'indagine condotta nella fase di Bianco. Riguardo alla stazione I16 MG4, è la prima volta che appare così povera di meiofauna seppure nelle precedenti campagne essa già risultasse raggruppata con le stazioni caratterizzate da una ricchezza faunistica medio-bassa.

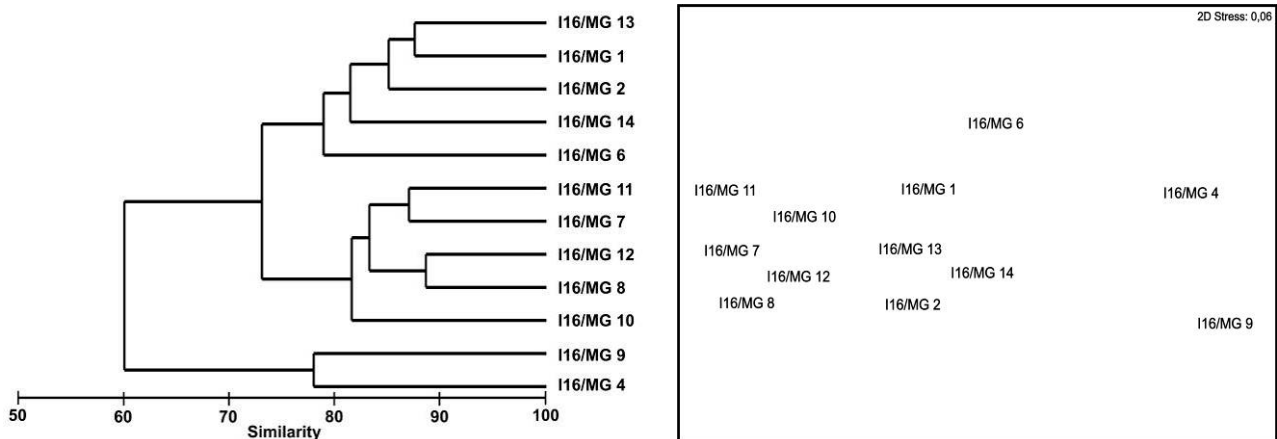


Figura 78 - A sinistra dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

4.2.1 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *Mytilus galloprovincialis* sono riportati nella **Tabella 71**. Le concentrazioni di molti metalli risultano più elevate al tempo zero rispetto ai survey successivi. Nei casi in cui si registra bioaccumulo i dati suggeriscono che il fenomeno si è verificato con magnitudine confrontabile tra tra siti posti sul Terminale e il controllo Gorgona.

Tabella 71 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I16 espressi in mg/kg s.s.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Arsenico	1,52	1,60	1,70	1,54	1,48	1,50
Bario	7,66	2,55	3,12	3,00	2,27	2,50
Cadmio	0,289	0,468	0,519	0,490	0,361	0,574
Rame	10,25	6,51	6,32	6,43	6,27	5,75
Cromo totale	6,92	2,63	3,06	3,02	2,27	2,74
Ferro	1561,64	625,63	792,38	725,62	571,16	355,80
Manganese	29,73	17,04	16,27	19,83	14,04	13,43
Nichel	5,18	2,40	2,43	2,45	1,92	1,94
Piombo	1,18	0,69	0,59	0,44	0,60	0,43
Vanadio	5,67	2,99	3,69	3,51	2,75	2,28
Zinco	126,20	189,29	174,75	169,77	157,35	167,32
Mercurio	0,128	0,208	0,236	0,199	0,184	0,181

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 72** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40).

Gli idrocarburi C<10 sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo. Gli idrocarburi C10-C40 hanno subito un incremento durante il periodo di esposizione. Nelle stazioni lungo il terminale le concentrazioni sono variabili. Il valore medio (43+25 mg/kg) risulta comunque confrontabile con quello registrato in Gorgona (44 mg/kg).

Tabella 72 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I16.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (µg/kg)	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	1,5	36	60	9,7	67	44

IPA ed composti organo stannici

Dalla **Tabella 73** si osserva l'assenza di contaminazione da IPA e composti organostannici.

Tabella 73 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I16 sono espressi in µg/g (IPA) e in mg/kg (TBT, MBT, DBT).

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafte	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acenafte	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Antracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Benzo (a) antracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Benzo (a) pirene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Benzo (b) fluorantene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Benzo (k) fluorantene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Crisene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Dibenzo (a,e) pirene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Dibenzo (a,h) pirene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fenantrene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fluorantene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fluorene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Naftalene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Pirene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Dibutilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Monobutilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tributilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 74**. Si osserva l'assenza di contaminazione da questi composti.

Tabella 74 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I16 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stato usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dibromoacetico	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Tribromoacetico	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Acido Monobromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Bromodichloroacetico	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Acido Bromocloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dichloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Tricloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monocloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Clorodibromoacetico	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
2,4-dicloro fenolo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4-cloro-3-metil fenolo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Pentacloro fenolo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromo Dichloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromoformio	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloroformio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tetracloro Etilene	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Tricloro Etilene	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
1,2,3-Tricloro propano	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
1,2-Dibromo Etano	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Dichloroacetoneitrile	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Tricloroacetoneitrile	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica emerge l'assenza di contaminazione fecale nell'intorno dell'FSRU (**Tabella 75**).

Tabella 75 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I16 sono espressi in ufc/g.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Coliformi fecali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Streptococchi fecali (enterococchi)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coliformi totali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 1

4.2.2 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT)

Dalla valutazione del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro all'interno dei lisosomi degli emociti di mitilo non si evidenzia alcuna differenza significativa tra le varie stazioni localizzate presso il terminale FRSU e quelle del sito di controllo; pertanto in base a questo biomarker non sono rilevabili alterazioni riferibili all'attività del terminale FRSU (**Figura 79**).

Comet Assay

La misura del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali di N. 7 mitili per stazione ha evidenziato un aumento significativo del danno al DNA nelle stazioni C (posizione 3) e D (posizione 4) mentre per le altre stazioni A e B non sono state osservate variazioni significative rispetto ai mitili di controllo (**Figura 80**).

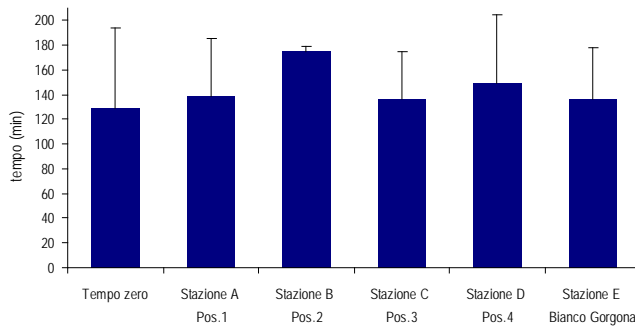


Figura 79 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

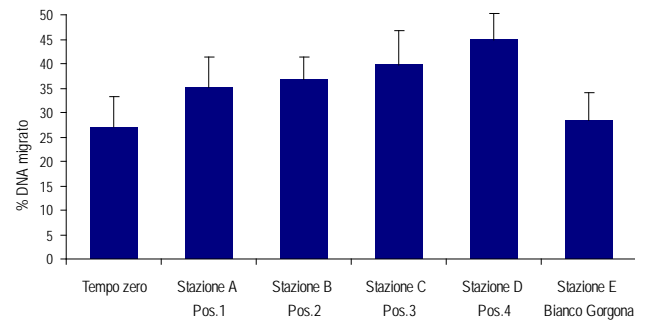


Figura 80 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologica del tessuto branchiale.

L'analisi istologica delle branchie di mitili (**Tabella 76**) ha mostrato un elevato grado di integrità del tessuto branchiale in tutte le stazioni indagate; ciò emerge dal punteggio pari a 1 misurato nella quasi totalità degli organismi analizzati. In base a questa indagine non sono osservabili evidenze di impatto imputabili all'attività del terminale FRSU (**Figura 81**).

Tabella 76 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia. Dati relativi alla campagna I16.

Nome sito	replica	Score epitelio	Nome sito	replica	Score epitelio
Mitili tempo zero	1	1	Stazione C (Pos. 3)	1	1
	2	1		2	1
	3	1		3	1
	4	1		4	1
	5	1		5	1
Stazione A (Pos. 1)	1	1	Stazione D (Pos. 4)	1	1
	2	1		2	1
	3	1		3	2
	4	1		4	1
	5	1		5	1
Stazione B (Pos. 2)	1	1	Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1
	2	1		2	1
	3	1		3	1
	4	1		4	1
	5	1		5	1

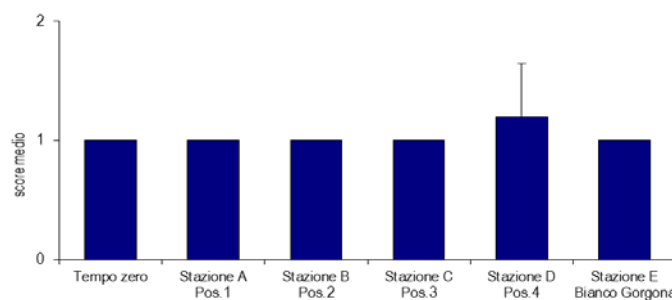


Figura 81 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

4.2.3 Fauna ittica bentonectonica

Nella **Tabella 77** sono indicate le specie catturate durante i campionamenti condotti con la rete a strascico e con le reti da posta in prossimità del terminale (stazioni I16 S1, I16 S2, I16 S3, e I16 S4 per lo strascico; stazioni I16 P1, I16 P2, I16 P3 e I16 P4 per le reti da posta), e nelle due stazioni scelte come controllo (I16 SC per la rete a strascico; I16 PC per le reti da posta) per la campagna Inverno 2016. In totale sono state catturate 64 specie.

Nel corso del campionamento effettuato con la rete a strascico sono state raccolte 30 specie di Osteitti, 3 di Condroitti, 1 di Crostacei Decapodi e 9 di Molluschi Cefalopodi.

Il campionamento effettuato con le reti da posta ha portato alla raccolta in totale di 15 specie di Osteitti, 2 di Condroitti e 1 di Crostacei Decapodi. Non sono stati catturati Molluschi Cefalopodi.

L' assenza dei Molluschi Cefalopodi e lo scarso numero di organismi bento-nectonici (riuniti nella categoria "Altro") catturati con reti da posta è dovuta all'operatività di questa tipologia di rete. A differenza delle reti a strascico, le reti da posta sono un attrezzo da pesca passivo, per il quale la cattura dipende esclusivamente dal movimento delle specie. La rete a strascico, invece, opera attivamente in contatto con il fondo e quindi ha maggiori possibilità di catturare organismi della fauna bento-nectonica.

Il minor numero di specie osservato nel sito controllo, per entrambe le tipologie di rete, è ascrivibile al minor numero di stazioni campionate, rispetto a quelle effettuate in prossimità del terminale.

Tabella 77 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I16 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I16 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I16 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I16 PC = stazione di controllo.

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Condroitti	Strascico		Reti da posta	
	I16 S1-S4	I16 SC	I16 P1-P4	I16 PC		I16 S1-S4	I16 SC	I16 P1-P4	I16 PC
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)			*		<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758		*			<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810	*			
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			Crostacei decapodi				
<i>Callionymus maculatus</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Maja squinado</i> (Herbst, 1788)			*	
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*		
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)			*	*	Molluschi cefalopodi				
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Alloteuthis</i> sp. Wülker, 1920	*	*		
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Abralia verany</i> (Rüppell, 1844)	*			
<i>Gadiculus argenteus argenteus</i> Guichenot, 1850	*				<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso, 1810)	*	*	*	*	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*		
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*		<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	*		
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*			
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*			
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758	*			
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)		*	*		<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)	*	*		
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	Altro				
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*		*		<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*		*	*
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	*				<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*		*		<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758				*	<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*			
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Calliostoma granulatum</i> (Von Born, 1778)	*			
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Echinus acutus</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806			*		<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810		*			<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*		*	*
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi, 1837)	*			

Tabella 77 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I16 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I16 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I16 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I16 PC = stazione di controllo.

<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Ophioderma longicaudum</i> (Retzius, 1805)				*
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*			<i>Ophiuroidea</i> indet.	*			
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*			
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Pontobdella muricata</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Trisopterus minutus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Schizaster canaliferus</i> (Lamarck, 1816)	*			
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*	*	*		<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*	*	*
					<i>Trachythone tergestina</i> (M. Sars, 1857)	*			

Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

Nella **Figura 82** si riporta la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

Il gruppo dei Condroitti è quello più rappresentato, sia nelle stazioni I16 P1-P4 che nella stazione di controllo I16 PC. Questo gruppo contribuisce per l'88% alla densità media delle stazioni I16 P1-P4 e per il 90% a quella del controllo (I16 PC); i Condroitti costituiscono il 92% della biomassa media delle stazioni I16-P1-P4 ed il 76% della stazione I16 PC.

Il gruppo degli Osteitti contribuisce per il 12% dell'indice di densità delle stazioni I16 P1-P4 e per il 10% a quello della stazione I16 PC; in biomassa gli Osteitti rappresentano il 7% delle stazioni I16-P1-P4 ed il 24% della stazione I16 PC.

I Crostacei Decapodi sono presenti solo nelle stazioni in prossimità del terminale, con percentuali al di sotto dell'1%, sia in termini di densità sia di biomassa. Il gruppo tassonomico dei Molluschi Cefalopodi è risultato assente in tutte le stazioni campionate.

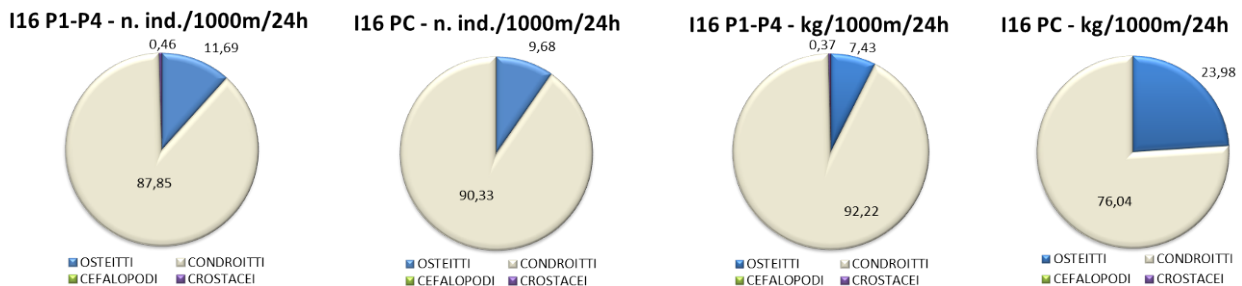


Figura 82 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I16 P1-P4 e I16 PC.

Nella **Figura 83** è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti rappresenta il 70% della densità delle stazioni I16 S1-S4 e l'87% di quella della stazione I16 SC. In termini di biomassa gli Osteitti costituiscono il 41% nelle stazioni I16 S1-S4 ed il 69% nella I16 SC.

I Condroitti danno un contributo pari al 15% e all'8%, rispettivamente, per le stazioni I16 S1-S4 e per I16 SC, in termini di densità. In biomassa questo gruppo rappresenta il 51% nella stazioni I16 S1-S4 ed il 28% nella stazione di controllo I16 SC.

I Molluschi Cefalopodi rappresentano l'8% ed il 3% della densità nelle stazioni I16 S1-S4 e I16 SC, rispettivamente; percentuali simili sono state ottenute in termini di biomassa.

Nelle stazioni I16 S1-S4 il contributo percentuale dei Crostacei Decapodi agli indici di densità e biomassa è stato del 7% e dell'1%, rispettivamente. Nella stazione SC questo gruppo ha rappresentato il 2% e lo 0,4% della densità e della biomassa, rispettivamente.

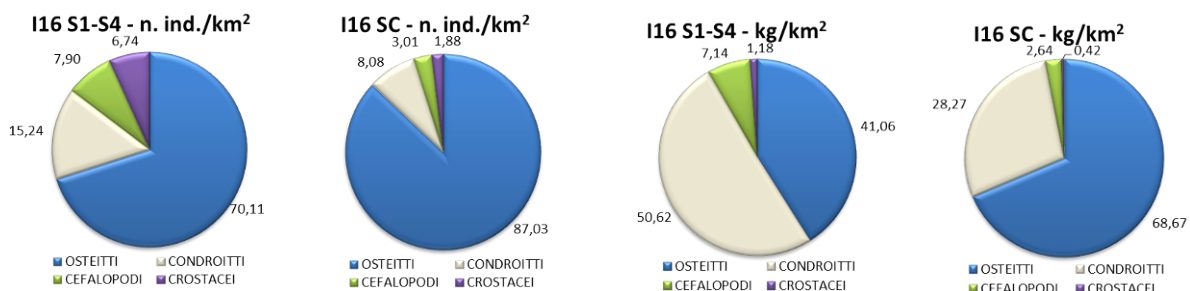


Figura 83 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I16 S1-S4 e I16 SC.

Reti da posta - Indici di densità e biomassa per specie

Nella **Tabella 78** sono riportati gli indici di densità in n. individui/1000m/24h e di biomassa in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta. Nelle stazioni I16 P1-P4 la specie più abbondante è il gattuccio, *Scylliorhinus canicula*, con un indice di densità pari a 62 ind./1000m/24h ed un indice di biomassa di 12,253 kg/1000m/24h. Valori molto più bassi sono stati registrati per gli Osteitti; in questo caso le specie più abbondanti risultano il rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boscii*, con indice di densità di 2 ind./1000m/24h e un indice di biomassa di 0,140 kg/1000m/24h e la rana pescatrice, *Lophius budegassa*, con 1 ind./1000m/24h e 0,629 kg/1000m/24h.

Dagli indici di densità e biomassa stimati per la stazione I16 PC si evince che anche in questo caso la specie più abbondante è il gattuccio *S. canicula*, con 79 ind./1000m/24h e 16,774 kg/1000m/24h. Tra gli Osteitti la specie più abbondante è la rana pescatrice, *L. budegassa*, con indici di densità e biomassa pari rispettivamente a 3 ind./1000m/24h e 2,262 kg/1000m/24h.

Tabella 78 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (+ DS), espressi in n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni I16 P1-P4 e nella stazione di controllo I16 PC.				
	I16 P1-P4		I16 PC	
	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Aspitrigla cuculus</i>	0,35+1,200	0,034+0,118		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0,69+1,388	0,075+0,181	1,42	2,116
<i>Citharus linguatula</i>	0,33+1,147	0,020+0,070		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	2,04+2,984	0,140+0,199	1,42	0,086
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0,36+1,252	0,004+0,015		
<i>Lophius budegassa</i>	1,02+2,242	0,629+1,688	2,83	2,262
<i>Pagellus acarne</i>	0,71+1,416	0,022+0,043		
<i>Pagellus erythrinus</i>	0,68+1,356	0,045+0,094	1,42	0,074
<i>Phycis blennoides</i>	0,33+1,147	0,125+0,434		
<i>Scorpaena notata</i>	0,35+1,200	0,056+0,196		
<i>Scorpaena scrofa</i>			1,42	0,751
<i>Solea vulgaris</i>	0,36+1,252	0,184+0,639		
<i>Spicara maena</i>	0,33+1,147	0,023+0,079		
<i>Trisopterus capelanus</i>	0,68+1,356	0,027+0,067		
<i>Zeus faber</i>	0,34+1,168	0,141+0,488		
CONDROITTI				
<i>Scylliorhinus canicula</i>	61,60+15,714	12,253+3,852	79,37	16,774
<i>Raja clavata</i>	2,73+3,818	6,698+8,625		
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Maja squinado</i>	0,34+1,168	0,076+0,263		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	1,36+3,247	0,023+0,061	1,42	0,013
<i>Leptometra phalangium</i>	0,34+1,168	0,007+0,023	1,42	0,071
<i>Ophioderma longicaudum</i>			1,42	0,003
<i>Stichopus regalis</i>	1,34+3,245	0,352+0,865	2,83	1,346
<i>Pontobdella muricata</i>	0,33+1,147	0,001+0,003		

Reti a strascico - Indici di densità e biomassa per specie

Nella **Tabella 79** sono riportati gli indici di densità in n. individui/km² e di biomassa in kg/km² per le specie catturate con la rete a strascico. La triglia di fango, *Mullus barbatus*, è la specie più abbondante nelle stazioni I16 S1-S4, con un indice di densità di 6063 ind./km² e un indice di biomassa di 174,621 kg/km². Tra gli Osteitti altre specie particolarmente abbondanti sono il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con 1471 ind./km² e 16,832 kg/km², il pesce trombettina, *Macroramphosus scolopax*, (412 ind./km² e 2,171 kg/km²), il nasello, *Merluccius merluccius* (387 ind./km² e 15,183 kg/km²), il sugarello maggiore, *Trachurus mediterraneus* (374 ind./km² e 5,042 kg/km²), il sugarello, *Trachurus trachurus* (367 ind./km² e 4,707 kg/km²), il merluzzetto, *Trisopterus capelanus* (346 ind./km² e 5,996 kg/km²). Tra i Condroititi la specie più abbondante è il gattuccio *S. canicula* con indici di densità e biomassa di 2353 ind./km² e 334,220 kg/km² rispettivamente. I Crostacei Decapodi sono rappresentati esclusivamente dal gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, che mostra un indice di densità di 1053 ind./km² e un indice di biomassa di 8,386 kg/km². Fra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano, *Illex coindetii* (877 ind./km² e 16,032 kg/km²). Indici piuttosto elevati sono stati ottenuti anche per il moscardino, *Eledone cirrhosa* (110 ind./km² e 6,885

kg/km²). Nel gruppo indicato come "Altro" la specie con il più alto indice di densità è risultata il crinoide *Leptometra phalangium* (152 ind./km²), mentre quella con il più alto indice in biomassa è stata l'oloturoideo *Stichopus regalis* (25,864 kg/km²).

La triglia di fango *M. barbatus* è la specie più abbondante anche nella stazione di controllo I16 SC, con un indice di densità di 5723 ind./km² e un indice di biomassa di 165,712 kg/km². Altre specie abbondanti sono il caviglione, *L. cavillone* (1448 ind./km² e 14,698 kg/km²) il merluzzetto, *T. capelanus* (534 ind./km² e 9,821 kg/km²), il pagello fragolino, *Pagellus erythrinus* (534 ind./km² e 24,675 kg/km²), il sugarello maggiore *T. mediterraneus* (423 ind./km² e 6,414 kg/km²) e la boga, *Boops boops*, (290 ind./km² e 15,522 kg/km²). Nella stazione I16 SC il gruppo dei Condroititi è rappresentato solo dal gattuccio *S. canicula*, con un indice di densità di 958 ind./km² e un indice di biomassa di 130,949 kg/km². Anche i Crostacei Decapodi sono rappresentati da un'unica specie, il gambero bianco *P. longirostris*, (222 ind./km² e 1,938 kg/km²). Tra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano *I. coindetii*, con un indice di densità di 133 ind./km² e un indice di biomassa di 3,496 kg/km², seguito dal moscardino *E. cirrhosa* (45 ind./km² e 4,565 kg/km²). Nel sito di controllo sono state catturate solamente 2 specie appartenenti al gruppo denominato "Altro": l'echinoderma *Echinus melo* (156 ind./km² e 44,540 kg/km²) e l'oloturoideo *S. regalis* (45 ind./km² e 8,908 kg/km²).

Tabella 79 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (+ DS), espressi in n. individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni I16 S1-S4 e nella stazione di controllo I16 SC.

	I16 S1-S4		I16 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	21,76+31,544	0,320+0,538	66,81	0,601
<i>Blennius ocellaris</i>			22,27	0,601
<i>Boops boops</i>	338,10+691,660	14,827+29,563	289,51	15,522
<i>Callionymus maculatus</i>	5,57+19,287	0,017+0,058		
<i>Capros aper</i>	278,38+817,349	1,531+4,542		
<i>Citharus linguatula</i>	5,57+19,287	0,234+0,810	22,27	1,069
<i>Conger conger</i>	5,06+17,533	0,152+0,526		
<i>Gadiculus argenteus argenteus</i>	27,84+73,018	0,072+0,203		
<i>Lepidorhombus boschii</i>	155,39+185,364	7,488+9,960	155,89	5,634
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1470,84+1544,125	16,832+16,450	1447,56	14,698
<i>Lophius budegassa</i>	33,41+66,811	13,334+26,669	44,54	27,392
<i>Macroramphosus scolopax</i>	412,00+920,112	2,171+5,021	44,54	0,245
<i>Merluccius merluccius</i>	386,69+664,297	15,183+24,154	267,24	19,041
<i>Mullus barbatus</i>	6063,06+7175,449	174,621+144,687	5723,44	165,712
<i>Pagellus acarne</i>			423,13	11,291
<i>Pagellus erythrinus</i>	105,28+198,717	4,635+8,326	534,48	24,675
<i>Phycis blennoides</i>	16,70+36,931	0,540+1,404		
<i>Serranus hepatus</i>			133,62	1,336
<i>Scomber scombrus</i>	5,57+19,287	0,239+0,829		
<i>Scorpaena elongata</i>	11,14+38,573	1,225+4,243		
<i>Scorpaena notata</i>	5,06+17,533	0,046+0,158		
<i>Serranus cabrilla</i>	11,14+22,270	0,373+0,754		
<i>Serranus hepatus</i>	282,93+207,779	2,801+2,613		
<i>Spicara flexuosa</i>			66,81	1,693
<i>Spicara maena</i>	10,12+35,066	0,466+1,613	22,27	1,180
<i>Spicara smaris</i>	92,62+249,742	1,367+3,566		
<i>Trachinus draco</i>	5,57+19,287	0,457+1,581	22,27	0,913
<i>Trachurus mediterraneus</i>	373,53+760,123	5,042+10,547	423,13	6,414
<i>Trachurus trachurus</i>	366,95+626,669	4,707+6,578	44,54	0,267
<i>Trisopterus capelanus</i>	346,20+121,844	5,996+3,921	534,48	9,821
<i>Zeus faber</i>	111,35+191,575	17,254+29,339	22,27	10,022
CONDROITTI				
<i>Raja clavata</i>	11,14+38,573	25,332+87,754		
<i>Scylliorhinus canicula</i>	2352,54+3254,741	334,220+410,971	957,62	130,949
<i>Torpedo marmorata</i>	5,57+19,287	0,356+1,234		
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1052,77+1929,400	8,386+16,159	222,70	1,938

Tabella 79 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (+ DS), espressi in n. individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni I16 S1-S4 e nella stazione di controllo I16 SC.

	I16 S1-S4		I16 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Abralia verany</i>	25,81+66,248	0,088+0,215		
<i>Alloteuthis</i> sp.	140,71+67,603	1,118+0,760	133,62	0,913
<i>Eledone cirrhosa</i>	110,34+139,283	6,885+9,241	44,54	4,565
<i>Illex coindetii</i>	876,64+1209,757	16,032+21,935	133,62	3,496
<i>Loligo vulgaris</i>	11,14+38,573	3,702+12,826	22,27	3,073
<i>Octopus vulgaris</i>	21,26+28,703	15,972+27,040		
<i>Sepia elegans</i>	10,12+35,066	0,132+0,456		
<i>Sepia officinalis</i>	5,57+19,287	3,363+11,649		
<i>Sepietta oweniana</i>	10,63+21,306	0,151+0,349		
<i>Todaropsis eblanae</i>	21,76+31,544	3,354+8,582	22,27	0,200
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	31,38+67,845	0,590+1,679		
<i>Antedon mediterranea</i>	20,25+70,133	0,025+0,088		
<i>Aporrhais pespelecani</i>	27,84+96,433	0,056+0,193		
<i>Astropecten aranciacus</i>	5,57+19,287	1,169+4,050		
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	91,11+315,598	0,253+0,877		
<i>Calliostoma granulatum</i>	11,14+38,573	0,223+0,771		
<i>Echinus acutus</i>	5,57+19,287	2,672+9,258		
<i>Echinus melo</i>	38,47+66,411	11,034+20,546	155,89	44,540
<i>Leptometra phalangium</i>	151,84+525,997	10,199+21,844		
<i>Luidia ciliaris</i>	5,57+19,287	0,557+1,929		
<i>Ophiuroidea</i> indet.	140,20+315,772	0,398+0,956		
<i>Pennatula rubra</i>	5,57+19,287	0,017+0,058		
<i>Porifera</i> indet.		0,156+0,540		
<i>Schizaster canaliferus</i>	44,54+154,292	6,681+23,144		
<i>Stichopus regalis</i>	93,64+150,374	25,864+41,975	44,54	8,908
<i>Trachythyone tergestina</i>	10,12+35,066	0,010+0,035		

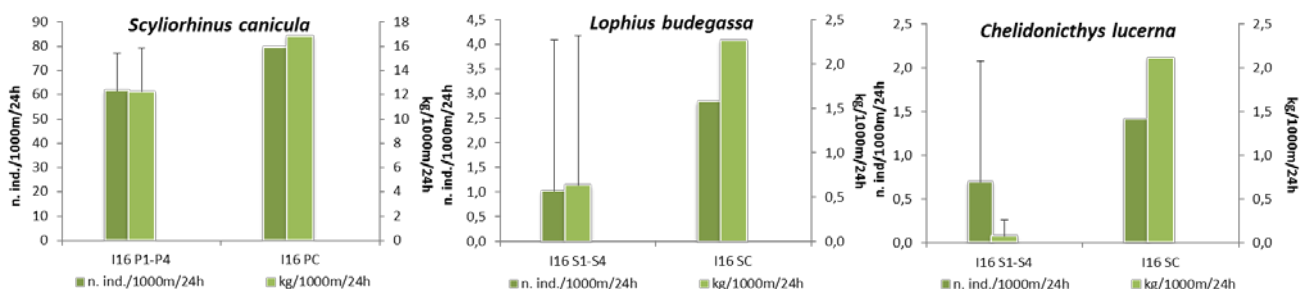
Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Nella fase di Bianco, sia per le reti da posta che per la rete a strascico, sono state scelte alcune specie più rappresentative delle catture totali, da analizzare dal punto di vista degli indici di densità e biomassa e delle distribuzioni di taglia frequenza durante tutti i campionamenti successivi.

Reti da posta

Nella **Figura 84** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con le reti da posta. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie sia per sito (I16 P1-P4: stazioni in prossimità del Terminale; I16 PC: stazione di controllo).

Si osserva che i valori degli indici di densità e biomassa sono più elevati nella stazione I16 PC. Le stazioni I16 P1-P4 mostrano comunque un'elevata deviazione standard, con un intervallo di variabilità in cui rientrano anche i valori della stazione assunta a controllo.


Figura 84 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I16 P1-P4 e per la stazione I16 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In verde scuro n. individui/1000m/24h, in verde chiaro kg/1000m/24h.

Rete a strascico

Nella **Figura 85** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con la rete a strascico.

Per la triglia di fango *M. barbatus*, il nasello *M. merluccius* e il pagello fragolino *P. erythrinus* non emergono sostanziali differenze tra gli indici di densità e abbondanza stimati per le stazioni in prossimità del Terminale I16 S1-S4 con quelli della stazione di controllo I16 SC. Nel caso del sacchetto, *Serranus hepatus*, del gattuccio *S. canicula*, del gambero bianco *P. longirostris* e del moscardino *E. cirrhosa* tali indici sono risultati più elevati nelle stazioni I16 S1-S4, mentre per il merluzzetto *T. capelanus* sono risultati più elevati nella stazione I16 SC.

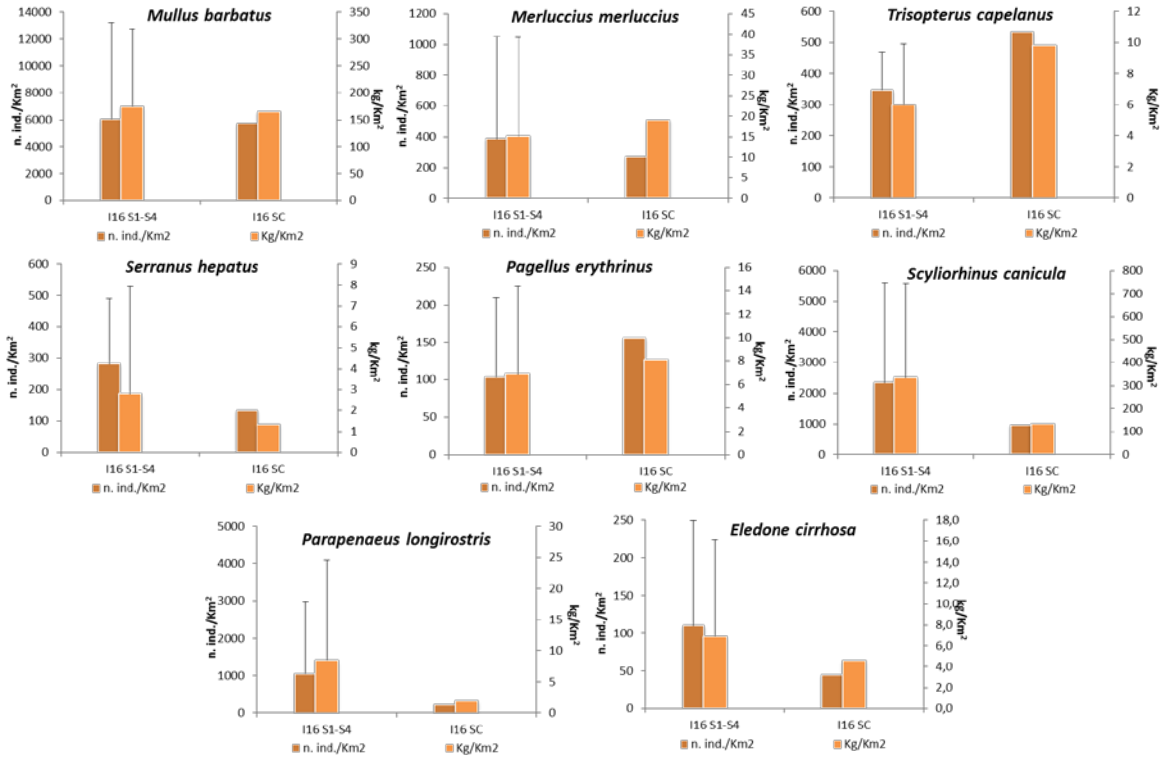


Figura 85 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I16 S1-S4 e per la stazione I16 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In marrone scuro n. individui/km², in marrone chiaro kg/km².

Distribuzioni taglia/frequenza per specie

Reti da posta

La specie più abbondante catturata con le reti da posta è il gattuccio, *S. canicula* (**Figura 86**). In totale, nelle stazioni I16 P1-P4, sono stati catturati 179 individui con taglia compresa tra 27 e 46 cm LT ed una moda a 39 cm LT. Nella stazione I16 PC sono stati campionati 56 individui di taglia compresa tra 34 e 47 cm LT. Dal grafico si osserva che le due distribuzioni sono simili con percentuali più elevate di esemplari nell'intervallo di taglia compreso tra 39 e 43 cm LT.

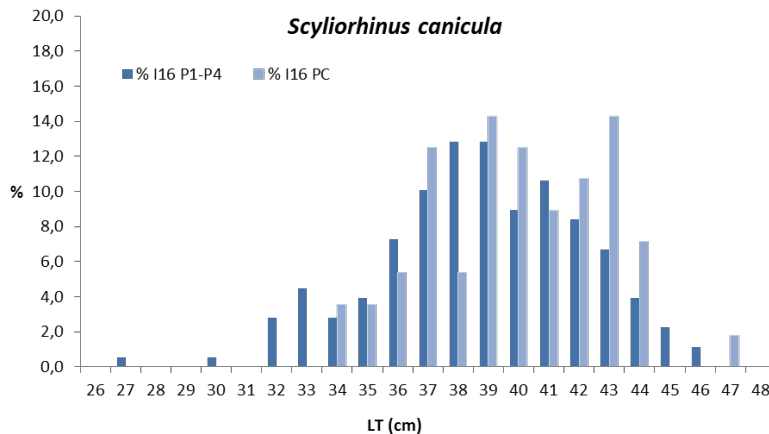


Figura 86 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyllorhinus canicula*). Num. individui: 179 (I16 P1-P4), 56 (I16 PC).

Per quanto riguarda le altre specie scelte per le reti da posta, non è stato possibile elaborare grafici taglia-frequenza rappresentativi, visto il basso numero di individui campionati. Per la linguattola *C. linguatula* è stato catturato uno solo individuo nella stazione I16 P4 in prossimità del Terminale, con taglia di 20,5 cm LT. La rana pescatrice *L. budegassa* è presente sia nelle stazioni I16 P1-P4 (3 individui con taglia tra 29 e 45 cm LT) sia I16 PC (2 individui di 38 e 39 cm LT). Nel caso della gallinella *C. lucerna* sono stati campionati 2 esemplari nelle cale I16 P1-P4, con taglia di 19 e 28 cm LT e un individuo nella I16 PC, con taglia di 55 cm LT.

Rete a strascico

La specie più abbondante catturata con la rete a strascico è la triglia di fango *M. barbatus* con 1127 esemplari nelle stazioni in prossimità del Terminale I16 S1-S4 e con 257 individui nella stazione I16 SC (Figura 87). Nelle stazioni I16 S1-S4 gli animali catturati hanno mostrato una taglia compresa tra 7 e 24 cm LT, mentre nella stazione di controllo I16 SC la taglia degli individui risulta compresa tra 9,5 e 22,5 cm LT. In entrambe le distribuzioni di taglia è presente una moda ben definita a 12 cm LT ed una meno evidente a 17,5 cm LT.

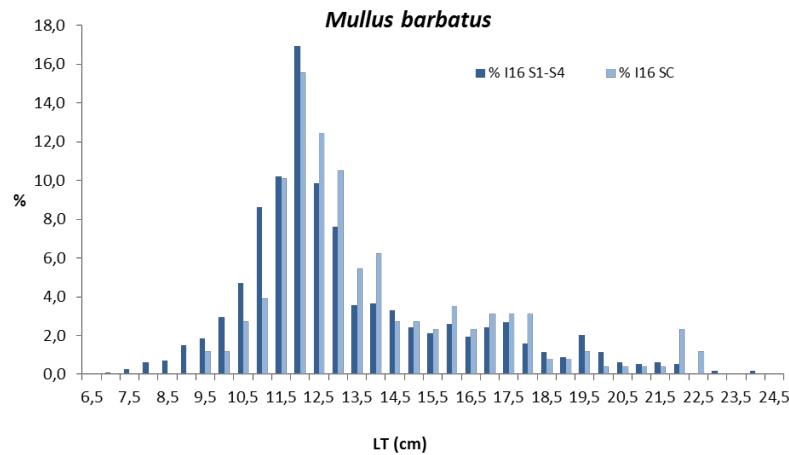


Figura 87 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). Num. individui: 1127 (I16 S1-S4), 257 (I16 SC).

Passando al nasello, *M. merluccius*, nelle stazioni in prossimità del Terminale sono stati campionati 70 esemplari, con una taglia compresa tra 7 e 35 cm LT, mentre nella stazione I16 SC solamente 12, con taglia compresa tra 13 e 29 cm LT. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali raccolti nelle stazioni I16 S1-S4 mostra una moda a 15 cm LT. Dato lo scarso numero di animali campionati nella I16 SC non viene fornita la distribuzione taglia-frequenza (Figura 88).

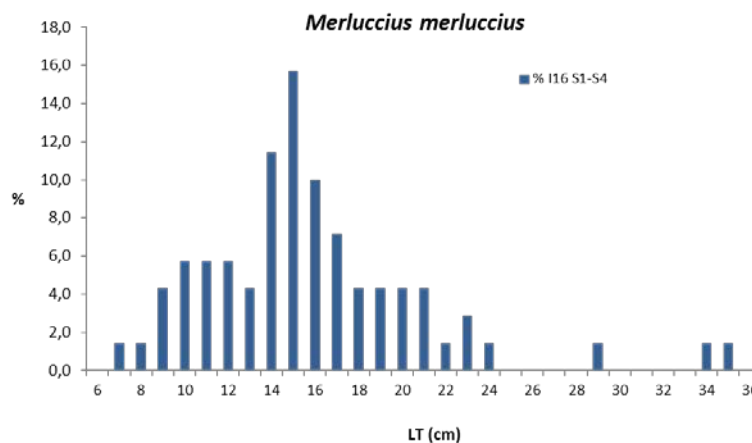


Figura 88 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). Num. individui: 70 (I16 S1-S4).

Nel caso del merluzzetto, *T. capelanus* (Figura 89), nelle stazioni I16 S1-S4 sono stati catturati 64 esemplari, con taglia compresa tra 8 e 18,5 cm LT; mentre nella I16 SC 24 esemplari, con taglia tra 9,5 e 16 cm LT. Solamente gli esemplari catturati nelle stazioni I16 S1-S4 mostrano una struttura in taglia regolare, con una moda a 10,5 cm LT.

Per il sacchetto *S. hepatus* è fornita solo la distribuzione taglia-frequenza degli esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (52 esemplari) in quanto nella stazione I16 SC sono stati campionati solamente 6 esemplari con taglia compresa tra 7,5 e 9 cm LT, un numero insufficiente per costruire un istogramma taglia-frequenza. Nella distribuzione di taglia, costituita da individui compresi tra 6 e 10,5 cm LT, è possibile apprezzare una moda a 8 cm LT (Figura 90).

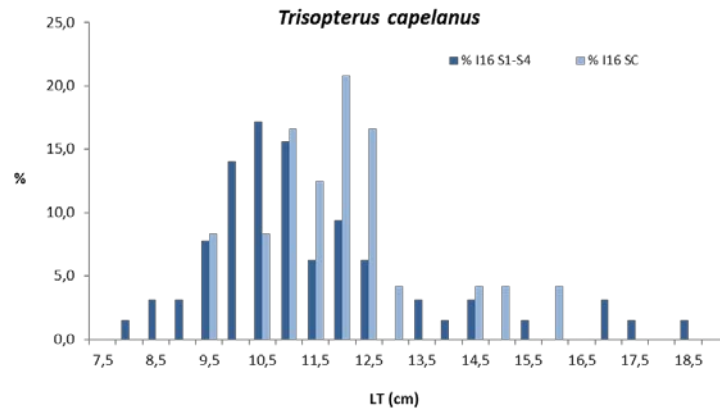


Figura 89 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). Num. individui: 64 (I16 S1-S4), 24 (I16 SC).

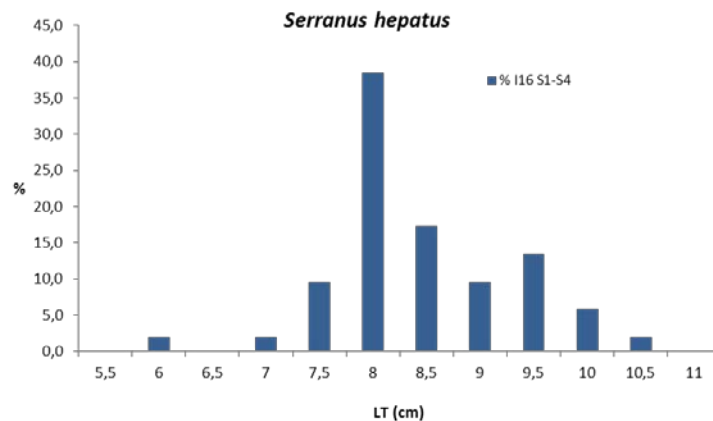


Figura 90 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). Num. individui: 52 (I16 S1-S4).

Per le altre specie di Osteitti analizzate non vengono fornite le distribuzioni di taglia-frequenza visto lo scarso numero di individui catturati. Per il pagello fragolino, *P. erythrinus* sono stati campionati in totale 44 esemplari, 20 nelle stazioni I16 S1-S4, con un intervallo di taglia compreso tra 12,5 e 17 cm LT, e 24 nella stazione I16 SC, con intervallo di taglia tra 13 e 19 cm LT. Lo scorfanotto *S. notata* è stato campionato solo nella stazione I16 S1: 1 esemplare di 8 cm LT.

Il gattuccio (*S. canicula*) è presente nelle stazioni I16 S1-S4 con 426 individui, e nella stazione I16 SC, con 43 individui. (Figura 91). L'intervallo di taglia per questa specie è compreso tra 22 e 47 cm LT per gli organismi catturati nelle stazioni I16 S1-S4 e tra 26 e 44 cm LT per quelli catturati nella I16 SC. L'analisi delle distribuzioni di taglia-frequenza degli animali campionati evidenzia una struttura polimodale corrispondente a più classi di taglia.

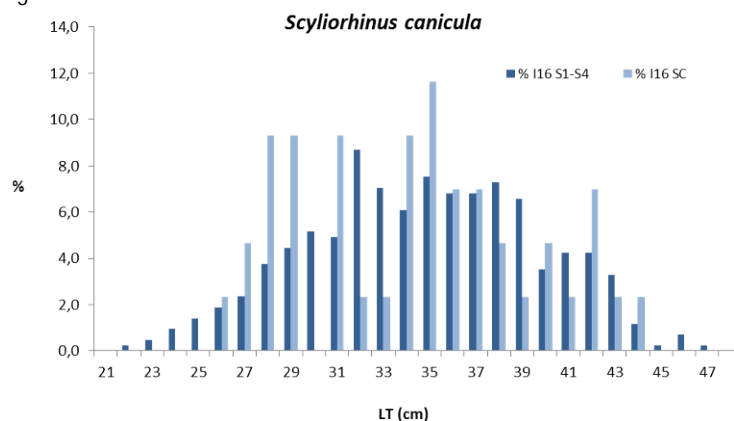


Figura 91 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). Num. individui: 426 (I16 S1-S4), 43 (I16 SC).

Nel caso del gambero bianco, *P. longirostris*, sono stati catturati un totale di 200 esemplari, 190 nelle stazioni I16 S1-S4 e 10 nella stazione di controllo I16 SC. Nella **Figura 92** è riportata solo la distribuzione di taglia-frequenza degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale: gli esemplari hanno mostrato una taglia compresa tra 13 e 33 mm LC, con una moda a 23-24 mm LC. I 10 esemplari catturati Nella stazione I16 SC hanno mostrato una taglia compresa tra 17 e 34 mm LC.

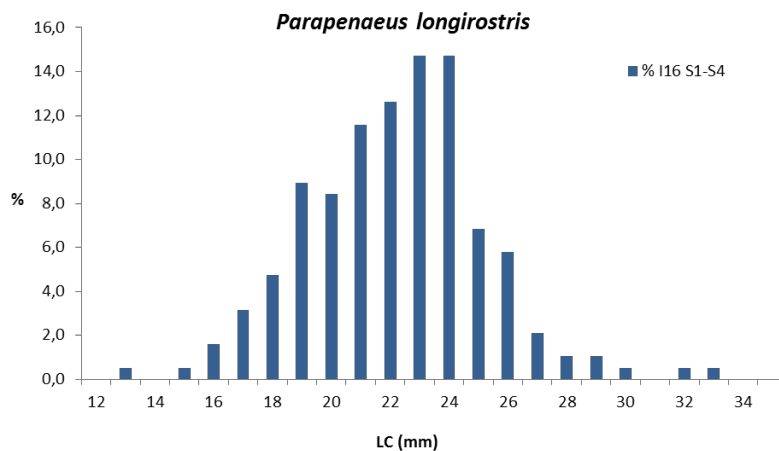


Figura 92 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). Num. individui: 190 (I16 S1-S4).

Per quanto riguarda il moscardino, *E. cirrhosa*, sono stati campionati, in totale, 22 esemplari, 20 nelle stazioni I16 S1-S4, con taglia compresa tra 7,5 e 9 cm LM, e 2 nella stazione I16 SC, con taglia di 6,5 e 10,5 cm LM.

4.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 265 nm per un totale di 53h e 22' di navigazione. Nella **Figura 93** sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto a partire da marzo 2016 (I16).

Sono stati effettuati 3 avvistamenti di delfini. In data 10 marzo sono stati effettuati due avvistamenti appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*: 9 adulti con 1 giovane in posizione lat N43° 43,384' e long E10° 04,232', 5,9 nm NE dal Terminale e 3 adulti in posizione lat N43° 42,376' e long E10° 02,697 4,3 nm NW dal Terminale.

Nel giorno seguente è stato effettuato un avvistamento della specie *Stenella coeruleoalba*: sono stati osservati 20 adulti ed 1 piccolo in posizione lat N43° 38,646' e long E09° 51,428', 5,7nm W dall'FSRU.

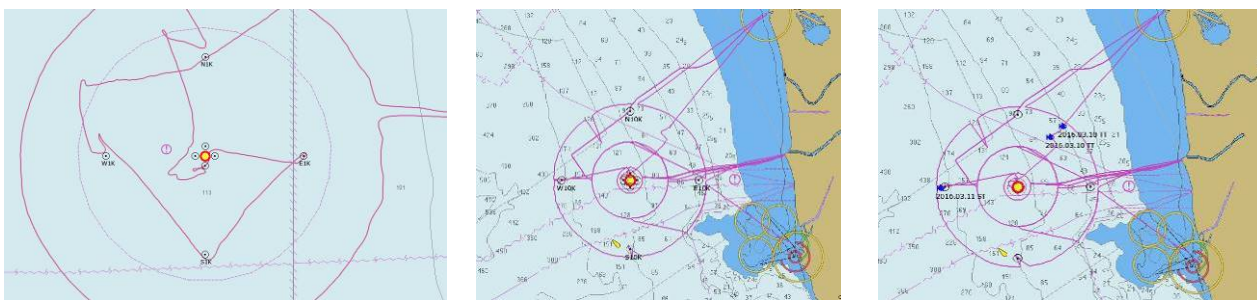


Figura 93 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in inverno 2016 (I16) con i punti di avvistamenti.



Avvistamenti survey Inverno 2016.

4.3 INDAGINI GENERALI

4.3.1 Misura del rumore

In questa sezione sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100 m di distanza dalla posizione della piattaforma) alla profondità di 55 m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT, e analisi in terzi d'ottava sovrapposta.

Tra le misure a distanza, è stata selezionata quella registrata nel punto S1K e S10K, per permettere il confronto sulla direttrice Sud che appare la più adatta per mettere in evidenza il contributo del Terminale sul rumore misurato. L'approccio è in uniformità con le precedenti analisi di dati. Come in precedenza, nel range di frequenze superiore a 17 kHz si evidenziano spesso righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica. Durante le misure a 100 metri era presente l'imbarcazione di supporto LNG Express e il Grecale primo. Per tale motivo si evidenzia un aumento dei livelli alle basse frequenze.

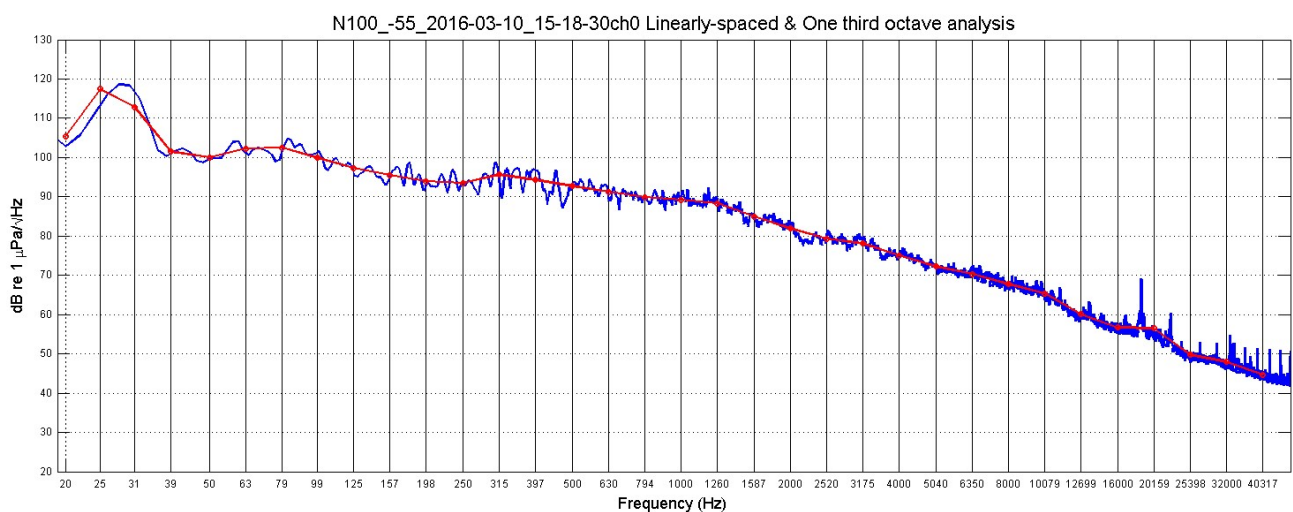


Figura 94 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa), e rimane mediamente elevato per tutta la banda.

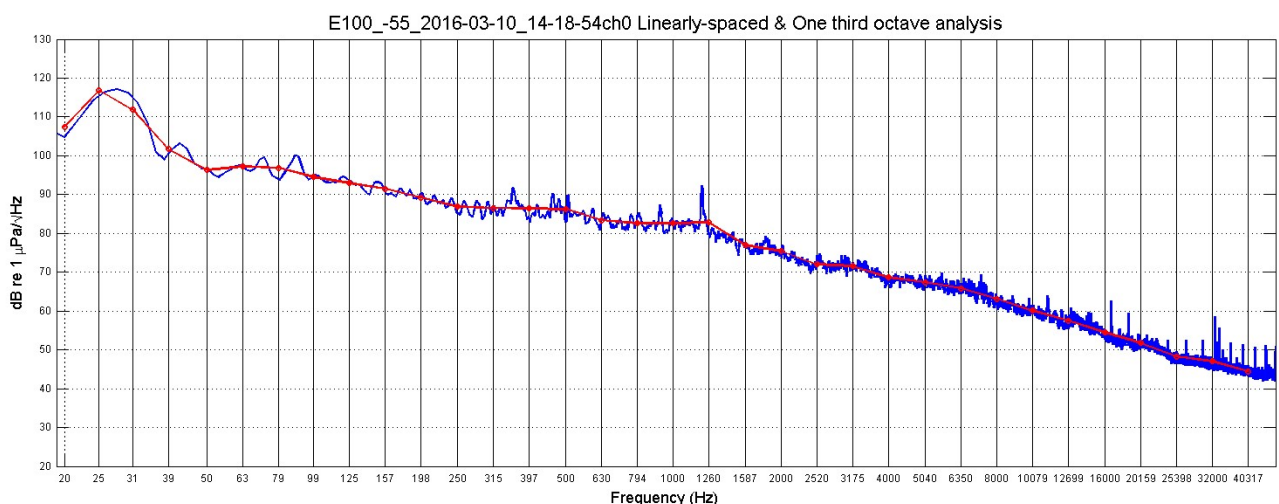


Figura 95 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità. Le misure infatti sono prese a poca distanza temporale, oltre che spaziale.

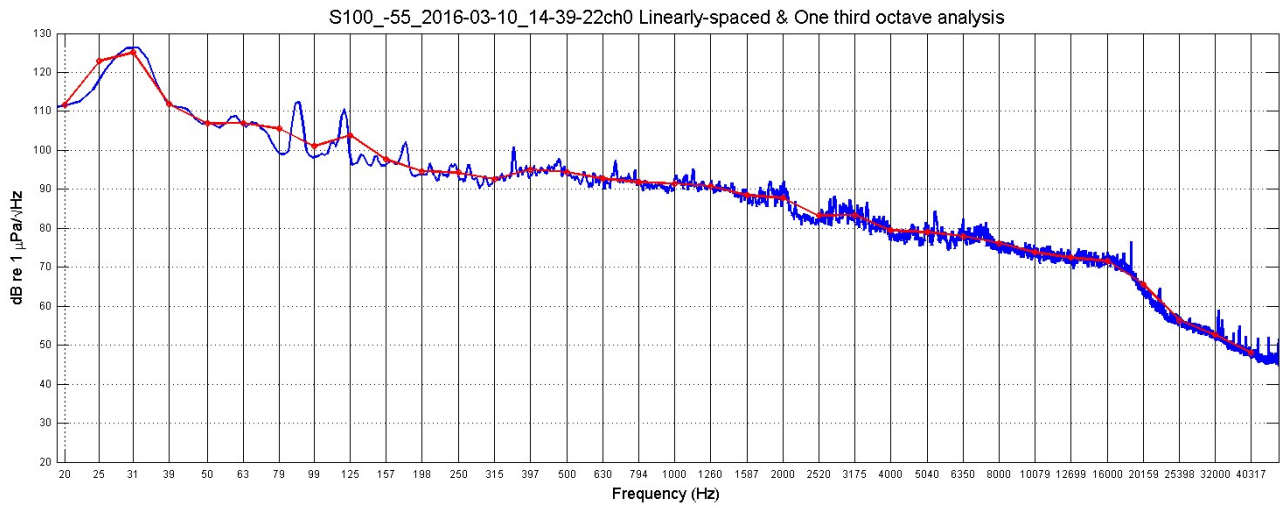


Figura 96 – PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In questo plot si evidenzia un innalzamento di livello tra 5000 e 16000 Hz, centrato intorno a 12000 Hz.

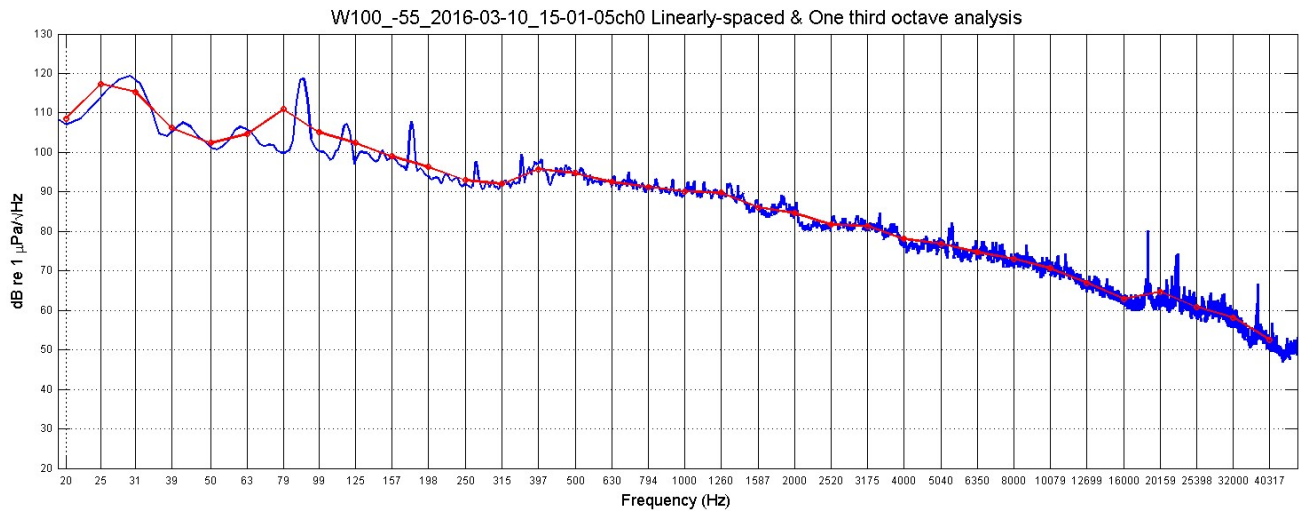


Figura 97 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Come nelle figure precedenti, il picco è intorno a 30 Hz. Sono sempre presenti sopra i 17kHz righe spettrali dovute a interferenze elettromagnetiche dalla strumentazione di bordo.

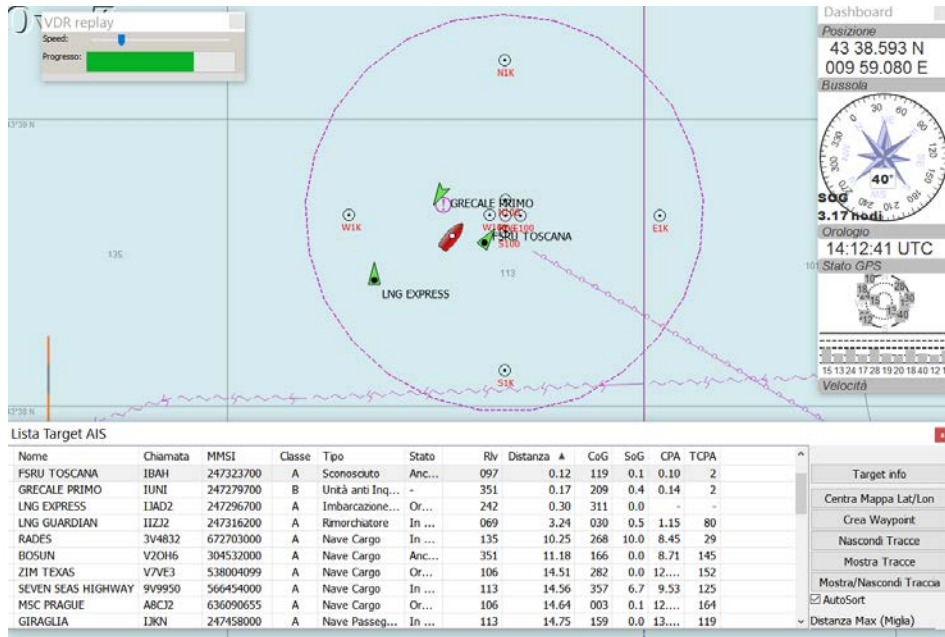


Figura 98 – Ricostruzione AIS del traffico al momento delle misure a 100m, sono presenti l'LNG Express e il Grecale Primo a distanza ravvicinata.

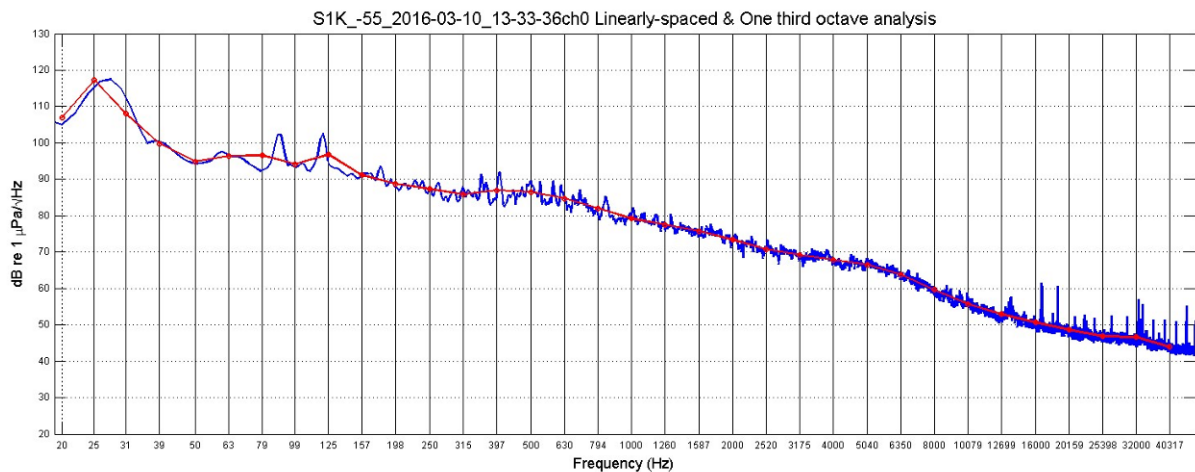


Figura 99 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55 m di profondità.

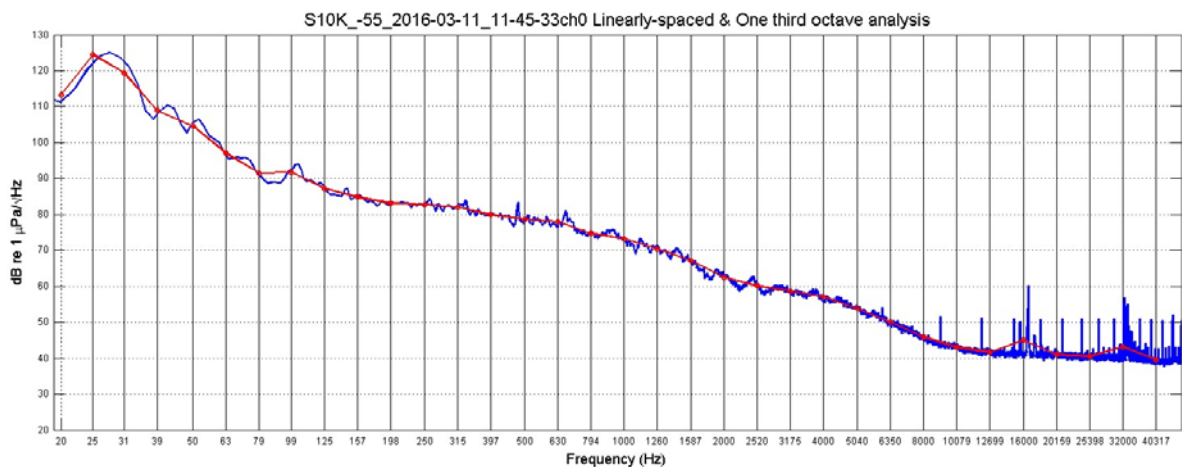


Figura 100 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55 m di profondità. Il livello alle alte frequenze si stabilizza su valori bassi.

Per cercare di individuare possibili componenti di rumore che provengano dal Terminale si è seguita una procedura di confronto tra misure. Si sono quindi:

- confrontati gli spettri registrati alla distanza minore, quella dei 100 m, per esempio a 55 m di profondità, per trovare possibili correlazioni;
- confrontati gli spettri registrati sulla stessa direttrice a diverse distanze (100, 1000 e 10000 m) per individuare possibili cadute di segnale con la distanza;

I16 - South direction, Depth -55, PSD function, One third octave analysis

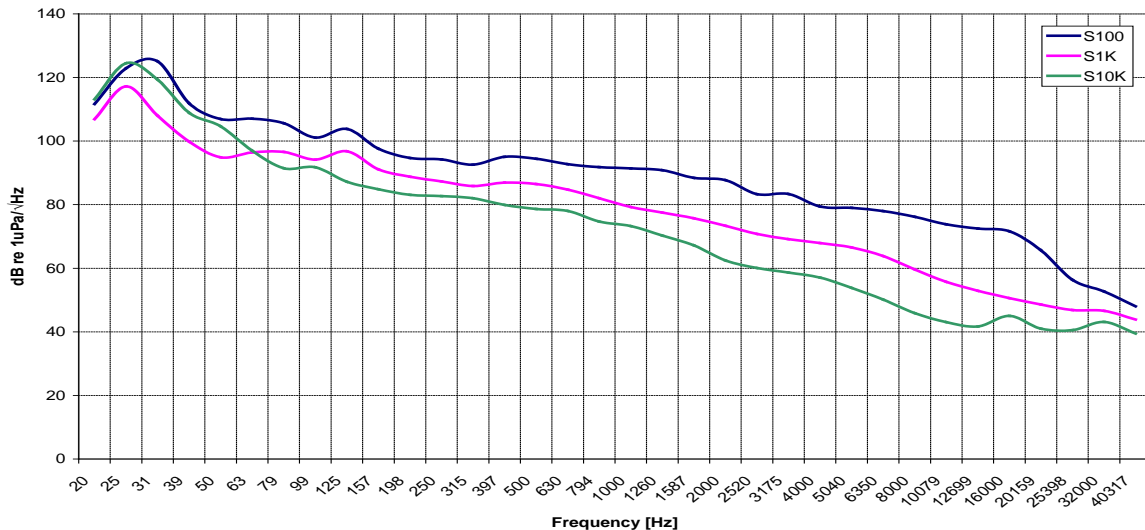


Figura 101 – Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55 m.

La Figura 101 mostra il confronto dei livelli di rumore a 55m di profondità registrati sulla direttrice Sud a 100, 1000 e 10000 m. Tralasciamo i livelli a bassissima frequenza, sotto i 100 Hz, che spesso risentono del passaggio di imbarcazioni non correlate con il Terminale, mentre la banda superiore ai 25 kHz, dove le curve tendono a riunirsi è influenzata per lo più da fattori ambientali. La correlazione con la distanza appare più evidente nel range di frequenze da 2kHz a 15 kHz confermando i risultati delle precedenti analisi. Poco significativa la correlazione con la distanza nelle basse frequenze dovuta probabilmente all'attività di imbarcazioni durante le misure.

Verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poichè anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata a circa 12kHz, questa è la frequenza del modello di emissione della sorgente, e quindi a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL). Tale frequenza viene utilizzata anche per uniformità con le precedenti relazioni, ed è comunque rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

Definizione dei parametri oceanografici

Dal confronto dei profili misurati nell'inverno 2016 (Figura 102) si osserva un primo layer fino a circa 4 metri di profondità, dovuto al debole riscaldamento superficiale. Per il resto i profili sono poi praticamente verticali, rappresentando quindi un mezzo ben miscelato con scarse differenze nella velocità di propagazione del suono. Casi a parte sono rappresentati dalle stazioni N10K e E10K. Il profilo di N10K esibisce un layer superficiale più marcato, mentre quello di E10K, dopo i primi metri, segue un gradiente positivo up refracting che tende a riflettere il suono verso la superficie.

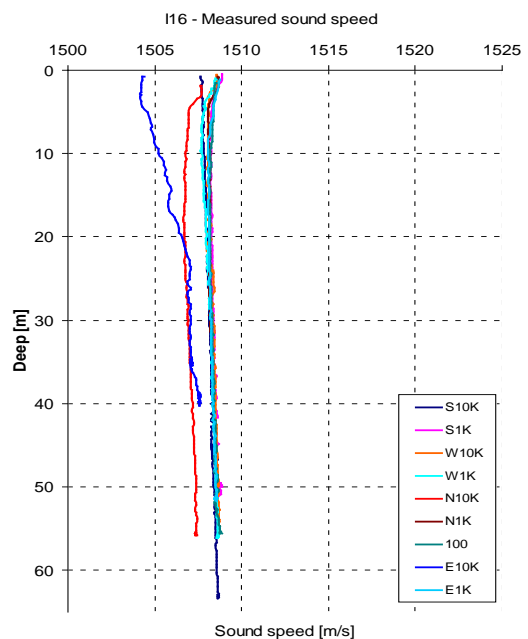


Figura 102 - Confronto dei profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale nell'inverno 2015.

Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

Sulla base delle considerazioni sui dati reali e delle assunzioni formulate per i parametri di input al modello di propagazione acustica ed utilizzando le misure di profilo di velocità del suono ottenuta dalla sonda multi-parametrica CTD, applichiamo lo strumento di simulazione di propagazione del suono Bellhop a 12 kHz di frequenza emesso da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione +80° su piano verticale posta a 15m di profondità. I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.

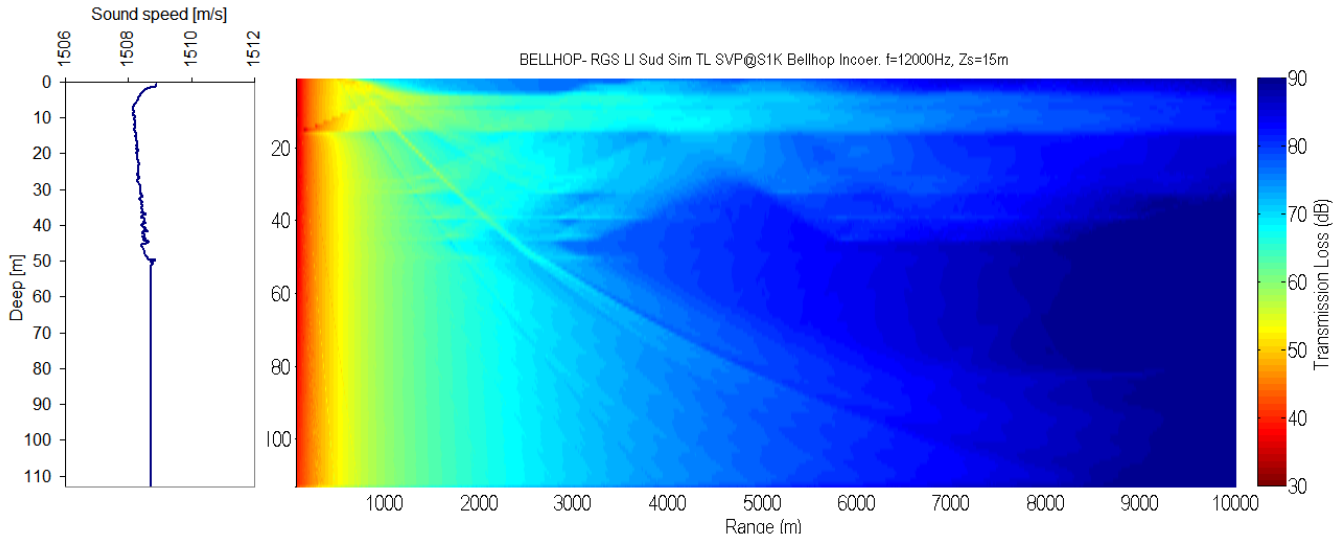


Figura 103 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.

Il profilo di velocità del suono misurato, con un gradiente inizialmente negativo fino a 6 metri, poi praticamente nullo o debolmente positivo, determina un canale superficiale in cui il suono si propaga orizzontalmente con minore attenuazione ed una TL più complessa negli strati inferiori, ma con attenuazione costante almeno per i primi chilometri.

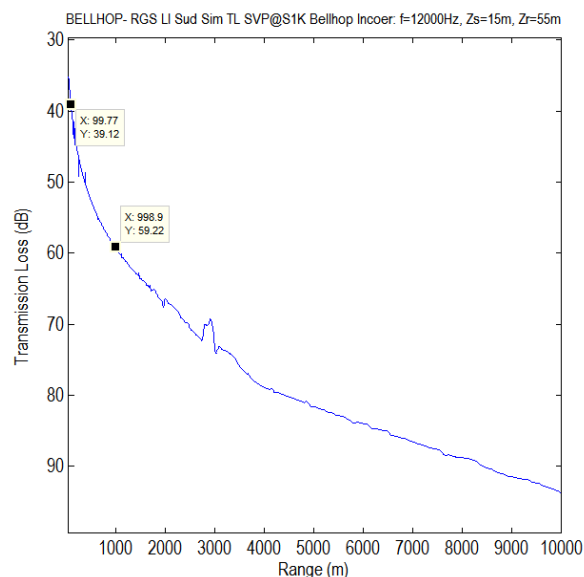


Figura 104 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.

La caduta di livello del rumore tra le stazioni S100 e S1K a 55 metri di profondità e alla frequenza di 12 kHz è predetta dal modello in circa 20 dB, praticamente uguale a quella misurata sperimentalmente fra le stazioni S100 e S1K. Tale risultato sembra confermare le ipotesi utilizzate per il calcolo. Quindi se a 100 metri il livello misurato è di 72 dB, considerando una TL predetta dal modello di 39 dB è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) di circa 111 dB re 1 mPa @ 1m. Tale valore è in accordo con ciò che è stato calcolato nelle campagne precedenti, ed è al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei che indicano un valore soglia di 110-120 dB per le prime risposte comportamentali.

4.3.2 Bioacustica

Durante la campagna di misura e durante gli avvistamenti sono state effettuate registrazioni delle vocalizzazioni di entrambe le specie, tursiopi e stenelle. In questa sezione riportiamo gli spettrogrammi dei dati registrati (Figura 105, Figura 106). Si tratta di sequenze di click (biosonar) a larga banda e per le stenelle anche vocalizzazioni (fischii). Gli spettrogrammi rappresentano il metodo più efficace per distinguere le veloci sequenze di click e verificare la loro natura a larga banda, infatti per entrambe le specie i clicks coprono tutta la banda dello spettro (oltre 95kHz), mentre i fischii (stenelle) si attestano tra 10-40 kHz.

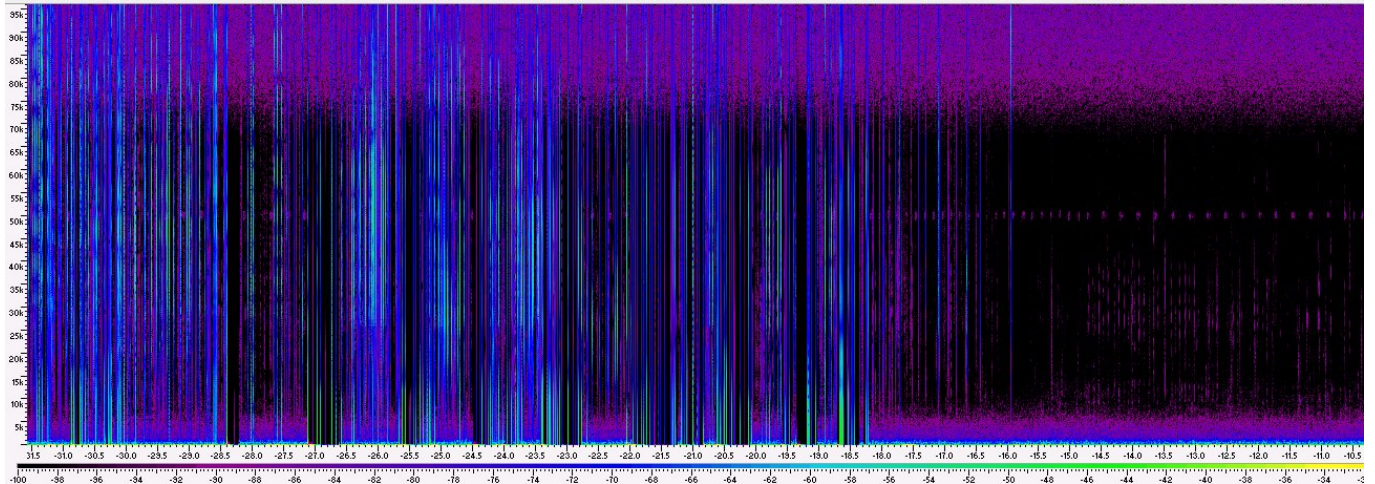


Figura 105 - Spettrogramma di un segmento di dati raccolti nella vicinanza del gruppo di tursiopi che stanno emettendo sequenze di click (biosonar) molto corti e ravvicinati tra loro.

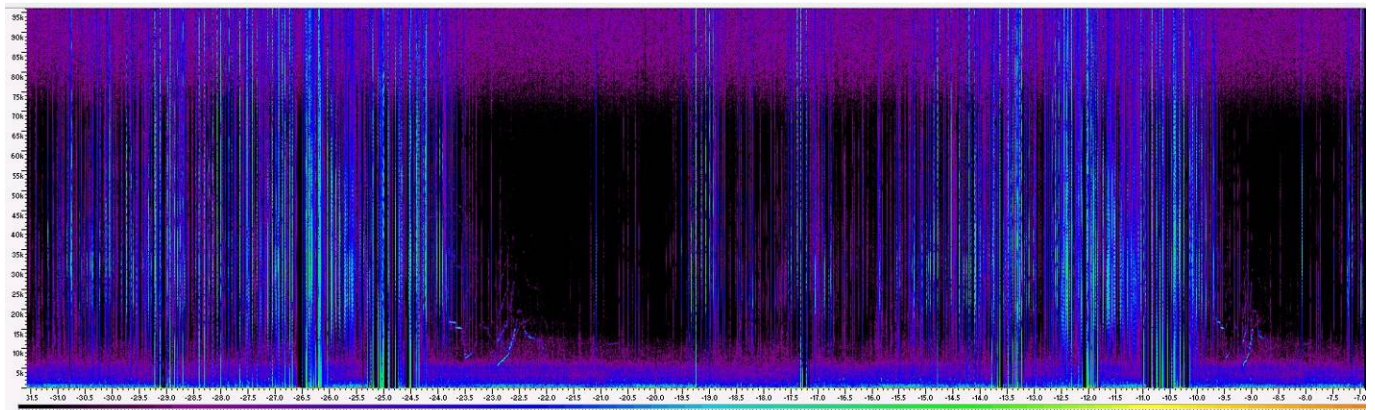


Figura 106 - Spettrogramma di un segmento di dati raccolti nella vicinanza del gruppo di stenelle che stanno emettendo sequenze di click (biosonar) e fischii molto corti e ravvicinati tra loro.

VOLUME II

- 5 **RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2016**
 - 5.1 **COLONNA D'ACQUA**
 - 5.1.1 Profili idrologici
 - 5.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - 5.1.3 Plancton
 - 5.1.3.1 Fitoplancton
 - 5.1.3.2 Zooplancton
 - 5.2 **BIOTA**
 - 5.2.1 Macrozoobenthos
 - 5.2.2 Bioaccumulo
 - 5.2.3 Biomarkers
 - 5.2.4 Cetacei e tartarughe marine
 - 5.3 **INDAGINI GENERALI**
 - 5.3.1 Misura del rumore
 - 5.3.2 Bioacustica
- 6 **RISULTATI SURVEY ESTATE 2016**
 - 6.1 **COLONNA D'ACQUA**
 - 6.1.1 Profili idrologici
 - 6.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - 6.1.3 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua
 - 6.1.4 Plancton
 - 6.1.4.1 Fitoplancton
 - 6.1.4.2 Zooplancton
 - 6.2 **SEDIMENTI**
 - 6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - 6.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento
 - 6.3 **BIOTA**
 - 6.3.1 Macrozoobenthos
 - 6.3.2 Meiobenthos
 - 6.3.3 Bioaccumulo
 - 6.3.4 Biomarkers
 - 6.3.5 Fauna ittica bentonectonica
 - 6.3.6 Fauna ittica pelagica
 - 6.3.7 Cetacei e tartarughe marine
 - 6.4 **INDAGINI GENERALI**
 - 6.4.1 Misura del rumore
 - 6.4.2 Bioacustica
- 7 **CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO**
 - 7.1 **COLONNA D'ACQUA**
 - 7.1.1 Profili idrologici
 - 7.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - 7.1.3 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua
 - 7.1.4 Plancton
 - 7.1.4.1 Fitoplancton
 - 7.1.4.2 Zooplancton
 - 7.2 **SEDIMENTI**
 - 7.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - 7.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento
 - 7.3 **BIOTA**
 - 7.3.1 Macrozoobenthos
 - 7.3.2 Meiobenthos
 - 7.3.3 Bioaccumulo
 - 7.3.4 Biomarkers
 - 7.3.5 Fauna ittica bentonectonica
 - 7.3.6 Fauna ittica pelagica
 - 7.3.7 Cetacei e tartarughe marine
 - 7.4 **INDAGINI GENERALI**
 - 7.4.1 Misura del rumore
 - 7.4.2 Bioacustica
- 8 **CONCLUSIONI**